

GERALDO SANTOS LANDOVSKY

**O SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À VALORAÇÃO
DA PAISAGEM PARA O PLANEJAMENTO DE USO
E OCUPAÇÃO DO SOLO
Um Estudo de Caso em Tibagi – PR**

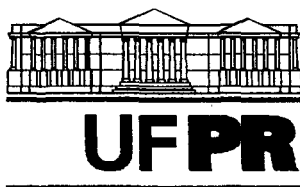
Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Daniela Biondi
Batista

Colaborador: Prof. Msc. Hideo Araki

CURITIBA

2003

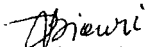


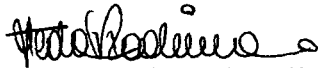
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisol@agrarias.ufpr.br

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **GERALDO SANTOS LANDOVSKY**, com o título: "**O sensoriamento remoto aplicado à valoração da paisagem para o planejamento de uso e ocupação do solo - um estudo de caso em Tibagi-PR**", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com o conceito "**A**", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 23 de julho de 2003.


Prof.^a. Dr.^a. Daniela Biondi Batista, Presidente.


Dr.^a. Yeda Maria Malheiros de Oliveira, I^a Examinadora.


Prof.^a. Dr.^a. Ana Maria Muratori, II^a Examinadora.

AGRADECIMENTOS

Existe uma frase, cujo autor não me recordo, mas que diz mais ou menos o seguinte: “*sozinhos não somos e não fazemos nada, e também, não vamos a lugar algum.*” Com isso em mente, quero expor minha gratidão a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, foram e são responsáveis por todos os passos que me fizeram chegar até aqui:

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pelo Dom da Vida, pela saúde e inspiração. Reconheço Sua ação em meu viver e sei que, mesmo nos dias mais difíceis, foi Quem não me deixou desistir.

A meus pais, Leonildo e Terezinha, por serem os melhores pais que alguém poderia ter, e pelo amor incondicional. A Gilberto, meu irmão, e Gabrielly, minha sobrinha e afilhada, por serem uma parte muito importante de minha vida.

À minha tia e madrinha Vitória (*in memorian*), por ter sido a pessoa que mais me incentivou e a quem, por mais que eu queira, jamais saberei como expressar o que sinto por todo o amor, carinho e gratidão que me dedicou em sua breve passagem nesse mundo, além de tudo que me ensinou, sendo meu maior exemplo de integridade e de paixão pela vida.

À toda minha família, por tudo: amor, carinho, paciência, incentivo e compreensão; em especial à minha avó, Dona Ana (*in memorian*), e minhas às tias Silvana e Maria Leni pela acolhida e amizade; aos meus tios Antero e Josefina pelo grande apoio, estímulo, atenção e conselhos; e à minha prima Rose que, mesmo de longe, sempre foi um grande esteio.

À Fabiana, minha fonte de inspiração e admiração, por tudo que ainda não tivemos a oportunidade de viver.

À Universidade Federal do Paraná, ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de Concentração Ciência do Solo, pela oportunidade de estudo, e ao Departamento de Geomática, pela disponibilização de equipamentos e laboratórios.

À minha orientadora, professora doutora Daniela Biondi Batista, primeiramente por ter acreditado em mim, por seu carinho, amizade, dedicação, incentivo, ensinamentos, e depois, por não ter sido apenas orientadora, mas um verdadeiro norte em minha vida, um rumo, um grande exemplo de pessoa e profissional.

Ao meu co-orientador, professor mestre Hideo Araki, por sua confiança, amizade, dedicação, paciência e seu sempre pronto auxílio.

Aos professores Donizeti Giusti, Mary Angélica de Azevedo Olivas, Ana Maria Muratori, Jorge Centeno, Antonio Carlos Batista pela colaboração e atenção.

Aos amigos queridos Andrea Faria, Maria Madalena, Eugênio, André, Tatiana e Eliana pela amizade e momentos inesquecíveis que partilhamos no decorrer do curso.

À Carmem Leal, por ser um ser humano incrível, por seus conselhos e dicas, por sua imensa colaboração e amizade.

À Alessandra Ghezzi, por sua amizade e pelo incentivo e auxílio nas horas críticas.

Ao pessoal das Secretarias Municipais de Meio Ambiente e Turismo, e Educação e Cultura, da Prefeitura de Tibagi - PR, pelo apoio, em especial, à geógrafa Juliana Nogueira e às professoras Rosilda Canha e Janice Gomes por terem estado sempre dispostas a colaborar.

Aos colegas dos cursos de Pós-graduação em Ciência do Solo, Ciências Geodésicas e Engenharia Florestal, pela convivência e acolhida. E aos colegas de trabalho do IBGE, Georgete Serrano, João Cândido, Ângelo Demétrius e José Augusto, pelo incentivo e camaradagem no término desta dissertação.

À MINEROPAR, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, COPEL (unidade Telêmaco Borba), EMATER (Tibagi), RODONORTE, Instituto Ambiental do Paraná, IBGE, EMBRAPA, RPPN Itaytyba (Tibagi), pela disponibilização de material.

E por fim, à minha grande amiga Andrea Tedesco, por sua cumplicidade, pelo estímulo, compreensão, por sua paciência e dedicação, por estar sempre pronta a me ajudar, qualquer que fosse a hora e, principalmente, por seu inabalável senso de humor.

A memória de
MARIA VITORIA KICHILESKI SANTOS
que, mais que minha tia, madrinha, amiga, conselheira e exemplo,
foi e será para sempre minha mãe, minha “oti mãe”.

Dedico.

Paisagem...

Maravilhas nunca faltaram ao mundo; o que sempre falta
é a capacidade de senti-las e admirá-las.
(J. Schmidt)

Mestrado...

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que,
com frequência, poderíamos ganhar,
por simples medo de arriscar.
(W. Shakespeare)

Vida...

Não há nada como um sonho para criar o futuro.
(Victor Hugo)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	05
2.1 SENSORIAMENTO REMOTO.....	05
2.1.1 Definições e Conceitos.....	05
2.1.2 Sensores Fotográficos.....	07
2.1.3 Características Espectrais da Cobertura da Superfície Terrestre.....	08
2.1.4 Aplicações do Sensoriamento Remoto.....	11
2.1.5 Procedimentos do Sensoriamento Remoto.....	12
2.1.6 Georeferenciamento de Imagens.....	14
2.1.7 Classificação de Imagens.....	15
2.1.8 Filtros.....	17
2.1.9 Análise Visual de Imagens.....	18
2.1.10 Processamento Digital de Imagens.....	20
2.2 ESTUDO DA PAISAGEM.....	24
2.2.1 Definições e Conceitos.....	24
2.2.2 Estudo da Paisagem no Planejamento do Uso do Território.....	26
2.2.3 Componentes e Elementos da Paisagem.....	27
2.2.4 Percepção e Valoração da Paisagem.....	31
2.2.5 Aplicações do Estudo da Paisagem.....	34
2.2.6 Planejamento da Paisagem.....	37
2.2.7 Procedimentos para Avaliação da Paisagem.....	38
3 MATERIAL E MÉTODO.....	43
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	43

3.1.1 Localização da Área de Estudo.....	43
3.1.2 Aspectos Gerais.....	44
3.1.3 Aspectos Históricos.....	47
3.1.3.1 Povoamento e Formação do Município.....	49
3.1.4 Aspectos Geográficos.....	51
3.1.4.1 Geologia.....	51
3.1.4.2 Relevo e Geomorfologia.....	55
3.1.4.3 Solos.....	57
3.1.4.4 Hidrografia.....	59
3.1.4.5 Clima.....	60
3.1.4.6 Vegetação.....	62
3.1.4.7 Fauna.....	69
3.1.4.8 Canyon Guartelá.....	70
3.1.4.9 Uso do Solo.....	71
3.1.5 Aspectos Paisagísticos.....	73
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	82
3.2.1 Metodologia Empregada.....	82
3.2.1.1 Valoração pelo Método Indireto.....	83
3.2.1.2 Valoração pelo Programa Computacional.....	87
3.2.1.2.1 O Critério da Combinação de Elementos da Paisagem.....	89
3.2.1.2.2 O Critério dos Componentes da Paisagem.....	92
3.2.1.2.3 O Critério da Diversidade Paisagística.....	93
3.2.2 Avaliação da Paisagem.....	94
4 RESULTADOS.....	96
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM.....	96
4.2 AVALIAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DO MÉTODO INDIRETO.....	99
4.3 AVALIAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS PROGRAMA COMPUTACIONAL.....	107

4.3.1 Programa em Matlab Através do Uso do Critério da Combinação de Elementos da Paisagem	107
4.3.2 Programa em Matlab Através do Uso do Critério dos Componentes da Paisagem	110
4.3.3 Programa em Matlab Através do Uso do Critério da Diversidade Paisagística	114
4.3.4 Comparação dos Critérios Utilizados no Programa Computacional.....	117
4.4 TESTE COM O PROGRAMA EM MATLAB PARA AVALIAÇÃO DA PAISAGEM COM DIFERENTES TAMANHOS DE QUADRÍCULAS.....	119
4.5 MAPAS DE QUALIDADE DA PAISAGEM.....	124
4.5.1 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Método Indireto, com 5 Classes	124
4.5.2 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Método Indireto, com 3 Classes	127
4.5.3 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Programa Computacional pelo Critério da Combinação de Elementos da Paisagem	130
4.5.4 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Programa Computacional pelo Critério dos Componentes da Paisagem	132
4.5.5 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Programa Computacional pelo Critério da Diversidade Paisagística.....	134
4.6 PONTOS ATRATIVOS DA PAISAGEM REGIONAL.....	136
4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	138
4.7.1 Quanto aos Conceitos Empregados.....	138
4.7.2 Quanto à Metodologia Empregada.....	141
5 CONCLUSÕES.....	145
6 RECOMENDAÇÕES.....	149
7 APÊNDICE.....	152
7.1 RESULTADO NUMÉRICO DA VALORAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO TRADICIONAL.....	152

7.2 PROGRAMA EM MATLAB PARA VALORAÇÃO DA PAISAGEM	154
7.3 AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM.....	165
7.3.1 Amostras Empregadas na Classificação.....	166
REFERÊNCIAS.....	170

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	07
FIGURA 2 – CURVAS TÍPICAS DA REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO, SOLO E ÁGUA.....	09
FIGURA 3 – ÁREA DE ESTUDO E SUA INSERÇÃO GEOGRÁFICA.....	43
FIGURA 4 – MAPA DAS DIVISAS DO MUNICÍPIO DE TIBAGI.....	44
FIGURA 5 – ÁREA DE ESTUDO E ASPECTOS DA PAISAGEM REGIONAL	73
FIGURA 6 – FOTOS DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO.....	75
FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DAS FOTOS.....	75
FIGURA 8 – GRID UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO	80
FIGURA 9 – CRITÉRIOS ADOTADOS PARA A AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO.....	81
FIGURA 10 - DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS ADOTADOS PARA A AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO.....	82
FIGURA 11 – IMAGEM CLASSIFICADA.	92
FIGURA 12 – MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL.	95
FIGURA 13 – MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL.....	96
FIGURA 14 – GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDA COM O MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES.....	98
FIGURA 15 – GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDA COM O MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES.....	98
FIGURA 16 – GRÁFICO COMPARATIVO DO NÚMERO DE QUADRÍCULAS DE CADA CLASSES DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO COM 3 E 5 CLASSES.....	100
FIGURA 17 – MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.....	104
FIGURA 18 – GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS	105
FIGURA 19 – MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.....	107
FIGURA 20 – GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM	108
FIGURA 21 – MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA.....	110
FIGURA 22 – GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA	111
FIGURA 23 – GRÁFICO COMPARATIVO DO NÚMERO DE QUADRÍCULAS DE CADA CLASSES DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO COM CADA CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA PAISAGEM EMPREGADO NO PROGRAMA EM MATLAB	113
FIGURA 24 – MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 5 CLASSES.....	121
FIGURA 25 – MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 3 CLASSES.....	123
FIGURA 26 – GRÁFICO COMPARATIVO DA PORCENTAGEM DE ÁREA DE “BOA” QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 3 E 5 CLASSES	124

FIGURA 27 – MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.....	126
FIGURA 28 - MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.....	128
FIGURA 29 - MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA.....	130
FIGURA 30 – PONTOS DE INTERESSE DA PAISAGEM REGIONAL	132

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - BANDAS DO SENSOR TM E SUAS APLICAÇÕES.....	08
TABELA 2 - FORMAÇÃO DA EXPRESSÃO ESPACIAL DA PAISAGEM	30
TABELA 3 - ESTUDOS COM AVALIAÇÃO DE PAISAGENS.....	34
TABELA 4 - COORDENADAS UTM DA REGIÃO DE ESTUDO.....	42
TABELA 5 - VALORES ADOTADOS PARA A VALORAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM PELO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.....	86
TABELA 6 - VALOR INDIVIDUAL DE CADA ELEMENTO ADOTADO NA VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.....	87
TABELA 7 - VALORES ADOTADOS PARA VALORAÇÃO ATRAVÉS DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.....	88
TABELA 8 - VALORES ADOTADOS PARA A COMPOSIÇÃO DE COMPONENTES NA VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DOS COMPONENTES.....	88
TABELA 9 - VALORES ADOTADOS PARA A VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DA DIVERSIDADE DE ELEMENTOS.....	89
TABELA 10 - RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL.....	97
TABELA 11 - RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL.....	97
TABELA 12 - RESUMO DO PROGRAMA EM MATLAB PARA A VALORAÇÃO DA PAISAGEM.....	115

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a.C.	- Antes de Cristo
AMCG	- Associação dos Municípios dos Campos Gerais
BR	- Prefixo de rodovia federal
CESP	- Companhia Energética de São Paulo
Cm	- Centímetro
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DSG	- Diretoria do Serviço Geográfico
EEM	- Energia Eletromagnética
f	- Frequência
GPS	- Global Positioning System
ha	- Hectares
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Km	- Quilometro
Km ²	- Quilometro quadrado
λ	- Comprimento de onda
m	- metro
MATLAB	- Laboratório de Matrizes
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
μ m	- Micrômetro
NASA	- National Aeronautics and Space Administration
NW	- Noroeste
PEG	- Parque Estadual do Guartelá
PR	- Paraná / Prefixo de rodovia estadual
RPPN	- Reserva Particular de Patrimônio Natural
S	- Sul
SE	- Sudeste
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
TM	- Thematic Mapper
US\$	- Dólar americano
UTM	- Universal Transversa de Mercator
W	- Oeste

RESUMO

A avaliação da qualidade visual de paisagens tem se mostrado ferramenta eficiente nos estudos para a determinação de diretrizes de usos adequados do solo, levando-se em conta o potencial atrativo dos diversos tipos de cobertura da superfície terrestre. Os métodos convencionais de avaliação da paisagem necessitam de informações espaciais atuais da região em estudo, e a literatura pertinente prescreve a informação cartográfica como principal instrumento nesse tipo de avaliação. Com o sensoriamento remoto orbital é possível obter periodicamente informações espaciais e espectrais da superfície terrestre. Dentre os empregos das imagens orbitais, é bastante difundida a geração de mapas de ocupação do solo, que podem, por sua vez, servir de base para a avaliação da paisagem. Assim, aliando-se as técnicas de sensoriamento remoto com as do estudo da paisagem, o presente trabalho teve por objetivo propor e testar uma metodologia para a avaliação da qualidade visual da paisagem através de uma imagem orbital classificada e pós-processada com a implementação de algoritmo específico para valoração da qualidade visual dos diversos usos da superfície da área de estudo, que está inserida na região dos Campos Gerais do Paraná, no município de Tibagi. Também foi realizada a avaliação tradicional da paisagem através do Método Indireto, pela técnica dos Componentes da Paisagem, para efeito de comparação com a metodologia proposta. Os resultados mostraram uma avaliação geral da paisagem da área estudada através da confecção de mapas de qualidade visual da paisagem, gráficos, tabelas e fotos, e também a verificação da eficiência e limitações das metodologias empregadas.

Palavras-chaves: sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, paisagem.

ABSTRACT

The evaluation of the visual quality of landscapes has been showing efficient tool in the studies for the determination of guidelines to appropriate land uses, considering the potential attraction of the several types of terrestrial surface's covering. The conventional methods of landscape's evaluation need current space information of the area in study, and the pertinent literature prescribes the cartographic information as principal instrument in that evaluation type. With the orbital remote sensing it is possible to obtain space and ghastry information of the terrestrial surface periodically. Among the employments of the orbital images, it is quite spread the generation of land occupation's maps. This maps, for your time, to serve as base for the landscape's evaluation. Like this, allying remote sensing and landscape's study techniques, the present work had for objective to propose and to test a methodology for the evaluation of the landscape's visual quality through a classified orbital image and powders processed with the construction of specific algorithm for the visual quality's evaluation of the surface's several uses on the study area, that it is inserted in the region of Campos Gerais, municipal district of Tibagi, state of Paraná, Brazil. The traditional evaluation of the landscape was also accomplished through the Indirect Method, for the Landscape's Components technique, for comparison effect with the proposed methodology. The results showed a general evaluation of the landscape's area studied through the making of visual quality's maps of the landscape, graphs, tables and pictures, and also the verification of the efficiency and limitations of the employed methodologies.

Key words: remote sensing, image processing, landscape.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento territorial, quer seja ele urbano ou rural, exige o uso da informação espacial para seu desenvolvimento e realização. A informação espacial, por sua vez, deve ser precisa e atual para que possa ser empregada com eficácia e confiabilidade em todas as questões envolvidas na área que se está planejando.

A maneira como os dados geográficos são obtidos passou por grandes avanços tecnológicos. Até a década de 1980, tais dados advinham apenas de cartas elaboradas a partir de levantamentos topográficos e aerofotogramétricos, bem como do reconhecimento de campo da região. A disponibilidade da informação espacial atualizada estava atrelada à realização desses levantamentos, que não eram freqüentes devido às dificuldades financeiras, operacionais e tecnológicas. Com o advento do Sensoriamento Remoto, foi possível obter informações não só espaciais, mas também espectrais, com precisão e periodicidade das áreas cobertas pelas imagens dos sensores orbitais. Isso transformou o Sensoriamento Remoto numa ferramenta imprescindível nos estudos sobre planejamento.

O Estudo da Paisagem é um ramo relativamente novo da ciência. As primeiras pesquisas que enfocaram paisagem como elemento central, datam da década de 1960. A partir de então, a ciência da paisagem passou a fazer parte dos estudos e projetos em várias áreas do planejamento. Os trabalhos mais significativos foram realizados na Europa, principalmente na Espanha. Atualmente, o Estudo da Paisagem está integrado ao planejamento em vários países, sendo inclusive um fator determinante na implantação ou não de um projeto ou obra de engenharia. No Brasil, a avaliação da paisagem já foi empregada em estudos de impactos ambientais (MILANO, 1989), em planejamentos turísticos (PIRES, 1993; MARENZI, 1996), na análise de bacias hidrográficas (ROCHA, 1995) e de recursos visuais (GRIFFITH, 1979), e no planejamento ambiental urbano (LEAL, 2002).

Um dos principais usos das imagens de satélite é a geração de mapas temáticos de uso do solo. A aquisição de imagens com periodicidade permite a realização de estudos temporais de tendências nas formas de ocupação do solo. Porém, em tais estudos tem-se apenas evidente a ocupação, ou seja, observa-se apenas áreas com um ou outro uso, as regiões que mais cresceram e as que tiveram sua cobertura alterada. Neste caso, o emprego do Estudo da Paisagem pode revelar informações intrínsecas ao mapa temático gerado a partir de uma imagem orbital, como por exemplo, o empobrecimento da qualidade visual de uma região em detrimento à implantação de uma obra de engenharia ou da ocorrência de um desmatamento.

Os alvos da superfície terrestre podem ter sua resposta espectral alterada com o tempo. Para NOVO (1992), as alterações antrópicas ou a modificação da paisagem podem ser responsáveis por estas intercorrências. A paisagem constituída pela vegetação, por exemplo, está em constante processo de transformação, com a atuação de processos naturais (sucessão, aspectos fenológicos) e artificiais (incêndios, desmatamentos, extrativismo). Cada paisagem é o resultado de uma evolução específica, condicionada por fatores geológicos, processos fisiográficos, história climática e variação temporal (SILVA *et al.*, 1998). Logo, o monitoramento da paisagem vem da necessidade de entender o meio e os efeitos do homem no ambiente. E isto conduz a aspectos cada vez mais amplos nas pesquisas e estudos referentes ao estudo da paisagem.

A justificativa para a realização deste estudo se faz na idéia de que para um planejamento eficaz é necessário o conhecimento pleno da região estudada. A falta de informação espacial torna-se um grande empecilho para a realização de planos diretores e de uso e ocupação do solo. Os resultados advindos de uma avaliação paisagística podem ser empregados como informação espacial nos estudos e projetos que tenham por intuito promover a correta ocupação do solo. Há que se

lembrar que a realidade tecnológica atual ainda está longe de ser empregada fora dos grandes centros, por dificuldades econômicas e operacionais, o que torna difícil a geração de dados espaciais em regiões menos desenvolvidas. Portanto, fica evidente a necessidade de se propor não apenas métodos e técnicas, mas caminhos práticos que possam formar uma base para o planejamento territorial destas regiões, carentes de informações de seu espaço geográfico. Disponibilizando tais informações, se estaria contribuindo na geração de melhores oportunidades para o crescimento e desenvolvimento destas regiões.

Na realização do presente trabalho, selecionou-se uma área de teste no município de Tibagi, região dos Campos Gerais do Paraná. Esta área engloba os diferentes tipos cênicos que formam a paisagem regional. Trata-se de uma região situada aproximadamente entre a sede do município e o Parque Estadual do Guartelá, caracterizada pela agricultura extensiva, campos naturais, pastagens, reflorestamentos com espécies exóticas, remanescentes de floresta ombrófila mista (floresta de araucárias), e por um grande número de afloramentos rochosos e expressivas feições geomorfológicas. Realizou-se primeiramente um reconhecimento em campo e uma descrição detalhada da paisagem em questão. Procedeu-se então a uma avaliação paisagística pelo método indireto através das componentes da paisagem, com o auxílio de cartas topográficas, mapas de vegetação e de uma imagem de satélite LANDSAT TM 5, datada de setembro de 1999. Em seguida, trabalhou-se com a imagem orbital, efetuando sobre a mesma alguns procedimentos do processamento digital de imagens, como a classificação. Depois, implementou-se um algoritmo em ambiente MATLAB para a avaliação da paisagem através de três critérios: combinação de elementos, componentes e diversidade. Os resultados produziram mapas de qualidade visual da paisagem, gerados a partir das duas formas de avaliação empregadas (através da metodologia tradicional e da programação computacional), tabelas e gráficos que mostram os valores e

informações acerca de cada mapa resultante, além de uma avaliação geral dos aspectos cênicos-paisagísticos da região estudada.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, verificar a viabilidade do uso de técnicas empregadas no sensoriamento remoto integradas com os conceitos e metodologias empregadas no estudo da paisagem, com a finalidade de geração de informações espaciais que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo. Em termos mais específicos, procurou-se atingir os seguintes objetivos:

- Testar e relacionar as metodologias usadas no Sensoriamento Remoto com as de Valoração da Paisagem no planejamento do uso e ocupação do solo;
- Determinar uma metodologia para aplicação das técnicas de Valoração da Paisagem quando há carência de informações espaciais, equipamentos e tecnologia avançada;
- Proceder a uma avaliação da qualidade visual da paisagem de uma região do município de Tibagi, nos Campos Gerais do Estado do Paraná, através da combinação das metodologias de Valoração da Paisagem e de Sensoriamento Remoto, considerando a eficiência e as limitações de ambas na qualificação da referida paisagem.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Faz-se, a seguir, uma fundamentação teórica dos assuntos relativos ao Sensoriamento Remoto e ao Estudo da Paisagem para melhor entendimento dos principais tópicos de cada tema. A leitura atenta evidencia a relação entre estas duas áreas do conhecimento, sendo que as imagens orbitais e as técnicas de análise, interpretação e processamento de imagens constituem uma valiosa e eficiente fonte de dados para a avaliação de uma região através de sua paisagem.

2.1 SENSORIAMENTO REMOTO

2.1.1 Definições e Conceitos

O sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a ciência de derivar informações a respeito de um objeto, à partir de medidas feitas à distância do mesmo, sem entrar em contato direto com o objeto. (SCHOWENGERDT, 1983; CURRAN, 1985). Esta ampla definição é, na prática, restrita às técnicas de obtenção de imagens desde satélites ou outras plataformas móveis, e ao processamento e análise destas imagens para o estudo do tema (NOVO, 1988). Já CHUVIECO (1990) define o sensoriamento remoto como sendo um conjunto de técnicas e equipamentos utilizados para a dedução de informações do meio ambiente a partir de imagens obtidas de plataformas aéreas ou espaciais.

NOVO (1992) propõe uma definição mais completa de sensoriamento remoto, dizendo ser a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos para transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias

componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Os elementos de um sistema de sensoriamento remoto, segundo CHUVIECO (1990), são:

- A energia: no sensoriamento remoto utiliza-se principalmente a energia eletromagnética (EEM);
- A fonte de energia: que pode ser natural (Sol) ou artificial;
- A interação diferenciada entre a energia e a superfície dos objetos;
- O sistema sensor: responsável pela aquisição dos dados (a imagem);
- A plataforma: onde está instalado o sensor, que pode ser um avião, um satélite, um guindaste, etc.;
- O sistema de recepção e distribuição dos dados;
- A interpretação dos dados: as informações;
- O usuário final: quem utilizará a informação.

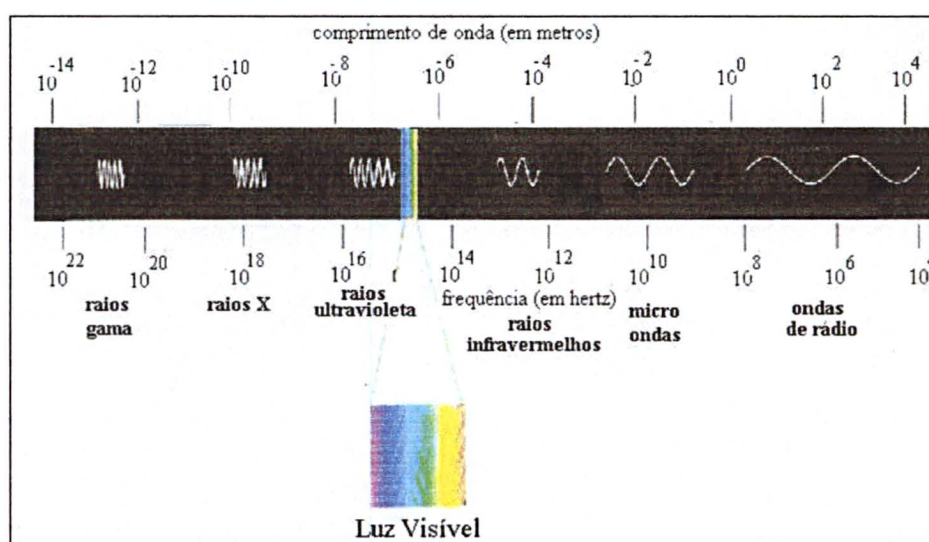
O sensoriamento remoto baseia-se no registro da energia eletromagnética proveniente dos objetos. A energia pode ser: emitida pelo objeto; emitida pelo sistema sensor e refletida pelo objeto; ou emitida por uma fonte externa e refletida pelo objeto. Com relação à fonte de energia, se classifica o sensoriamento remoto em PASSIVO (quando usa a energia luminosa de uma fonte externa para obter informações dos objetos) ou ATIVO (quando se utiliza uma fonte artificial própria, ou seja, emite energia em direção do objeto e capta a porção refletida por ele).

A energia eletromagnética pode ser descrita em termos de seu comprimento de onda (λ) ou de sua frequência (f). O comprimento de onda pode variar de 10^{-10} μm a 10^{10} μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ m). O espectro eletromagnético é maneira pela qual se representa a energia eletromagnética através do comprimento de onda e da frequência. Está dividido em faixas (ou bandas) nas quais a energia tem um

comportamento similar. Do ponto de vista do sensoriamento remoto, as faixas do espectro eletromagnético que merecem destaque são: a faixa ótica (região do visível – azul, verde e vermelho - e do infravermelho próximo), as faixas do infravermelho médio e infravermelho distante (ou termal), e a faixa das microondas (CHUVIECO, 1990; NOVO, 1992).

A Figura 1 mostra o espectro eletromagnético e suas divisões.

FIGURA 1 - O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.



FONTE: USP, 2002.

2.1.2 Sensores Fotográficos

Uma das mais importantes fontes de dados digitais em forma de imagens sobre a superfície terrestre, pertence ao conjunto de satélites do projeto LANDSAT, programa lançado pela NASA a partir de 1972 para aquisição contínua de dados digitais a partir de sensores remotos. O sensor denominado TM (*Thematic Mapper*) foi desenvolvido para atender a resolução espacial de 30 metros e 7 bandas que possibilitam uma resolução espectral mais refinada (ANTUNES, 1996).

Na Tabela 1 pode-se observar as bandas do sensor TM e suas principais aplicações.

TABELA 1: BANDAS DO SENSOR TM E SUAS APLICAÇÕES.

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Aplicações
1	0,45-0,52 – Azul	Mapeamento de corpos d'água; diferenciação de água e solo, e solo e vegetação.
2	0,52-0,60 – Verde	Reflexão de vegetação sadia.
3	0,63-0,69 – Vermelho	Absorção de clorofila e diferenciação de espécies vegetais.
4	0,76-0,90 – Infravermelho próximo	Levantamentos de biomassa, delineação de corpos d'água.
5	1,55-1,75 – Infravermelho médio	Detecção de umidade da vegetação; discriminação entre nuvem e neve.
6	10,4-11,7 – Distante (Termal)	Umidade da vegetação e geologia; detecção de colheitas com stress; mapeamento termal.
7	2,08-2,35 – Infravermelho médio	Umidade da vegetação, solos e geologia; mapeamento hidrotermal.

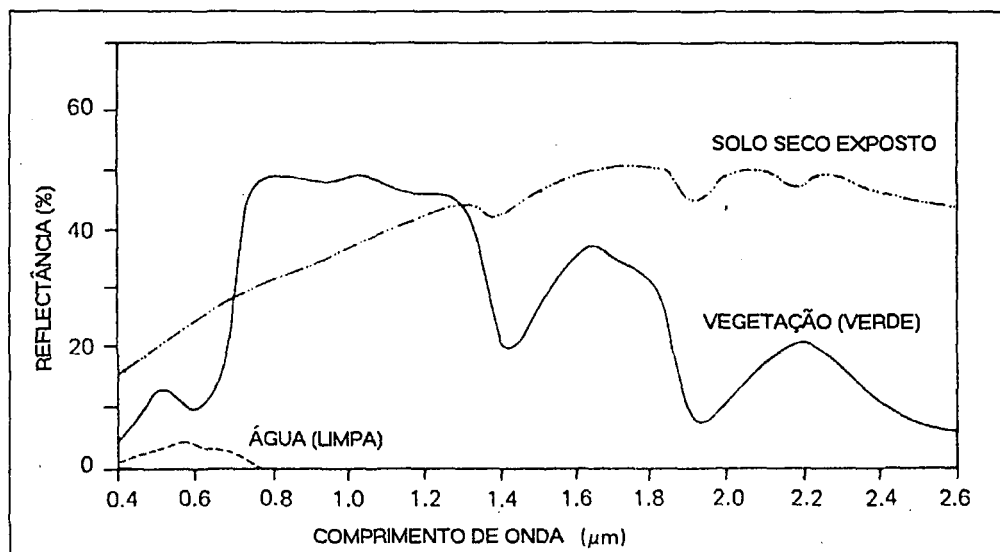
FONTE: ANTUNES, 1996

Além do LANDSAT, outro sensor fotográfico importante na geração de imagens da superfície terrestre é o SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais – CNES (França), e em operação desde 1986. Pode-se ainda citar o IKONOS, entre os sistemas mais difundidos.

2.1.3 Características Espectrais da Cobertura da Superfície Terrestre

A adequada interpretação de uma imagem depende do conhecimento da interação entre a radiação eletromagnética e os objetos na superfície da Terra. A Figura 2 mostra as características espectrais da vegetação, solo e água, elementos que ocorrem freqüentemente na superfície da Terra.

FIGURA 2 - CURVAS TÍPICAS DA REFLETÂNCIA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO, SOLO E ÁGUA



FONTE: ADAPTADO DE LILLESAND E KIEFER, 1987.

Baseado em CURRAN (1985), CHUVIECO (1990) e LILLESAND E KIEFER (1994), as características espectrais dos principais alvos presentes na superfície da Terra, podem ser resumidas em:

- Características espectrais da vegetação: a refletância da luz sobre uma superfície coberta por vegetação, é determinada por vários fatores que incluem geometria da folha, morfologia, fisiologia da planta, tipo do solo, ângulo solar e condições climáticas. Frequentemente, diferentes partes do espectro são afetadas de forma distinta pelas variações da composição e estrutura do vegetal. Em geral, as variações da quantidade de água na planta podem ser detectadas na região do infravermelho próximo. Por outro lado, a desidratação das folhas aumenta a reflexão sobre todas as faixas do espectro.
- Características espectrais dos solos: a curva espectral do solo é bastante plana e de caráter ascendente (figura 2), sendo

influenciada por fatores como a composição química do solo, sua textura, estrutura e teor de umidade. A cor dominante com que se percebe o solo é função de sua composição química, por exemplo, os solos de origem calcária apresentam cor branca. Por outro lado, os solos argilosos oferecem uma maior refletância no vermelho, como consequência de seu alto conteúdo de óxido de ferro. A presença de matéria orgânica no solo tende a escurecê-lo e, em consequência, reduzir sua refletância. Nos solos mais grosseiros, compactados, secos e sem matéria orgânica, percebe-se a influência das características físicas na refletância espectral. O teor de umidade afeta a refletância de comprimentos de onda maiores como infravermelho próximo e médio, devido à alta absorção de água nestas bandas. Logo, um solo de textura grossa pode apresentar uma refletância menor que um solo fino quando a quantidade de umidade é baixa. Os fatores textura, estrutura e teor de umidade estão altamente relacionados. Por exemplo, um solo argiloso tende a ter uma alta quantidade de umidade, forte estrutura e fina textura, o que supõe uma baixa refletância. Em contraste, um solo arenoso tende a ter uma estrutura débil e baixa quantidade de umidade, logo apresentará uma refletância mais elevada.

- Características espectrais da água: a maior refletância da água clara se dá no azul, reduzindo-se gradativamente até o infravermelho próximo, onde é praticamente nula (figura 2). Nesta faixa do espectro, a fronteira terra-água é muito nítida. Características da água como profundidade, quantidade de materiais em suspensão (clorofila, argilas e nutrientes), e

rugosidades da superfície podem alterar o comportamento espectral da água.

2.1.4 Aplicações do Sensoriamento Remoto

Para CHUVIECO (1990), dentre os diferentes campos de aplicação do sensoriamento remoto, o seu potencial para o monitoramento de alterações ao longo do tempo pode ser destacado. As imagens de sensoriamento remoto são arquivadas sistematicamente, constituindo um acervo de dados para diversos estudos. Dentre estes estudos destacam-se: os de erosão; levantamento regional do meio ambiente para preparo de estudos de impactos ambientais; mapeamento da água superficial; cartografia da cobertura vegetal do solo; rápida avaliação das condições de stress na vegetação devido à seca e ao desmatamento; realização de mapeamentos florestais.

NOVO (1992), diz que o sensoriamento remoto pode ser aplicado ao estudo dos aspectos culturais da superfície terrestre para aquisição de dados de interesse da Arqueologia e da Antropologia. Pode também aplicado na área da Geografia, através da análise e monitoramento do uso da terra, na Geomorfologia Ambiental e na Geologia.

As principais vantagens do sensoriamento remoto, além de custo e tempo, são, baseado em CURRAN (1985) e CHUVIECO (1990):

- Cobertura global e periódica da superfície terrestre: as características orbitais dos satélites, permitem que os mesmos obtenham, repetidas vezes, informações de áreas inacessíveis por outros meios, como zonas polares e desérticas;
- Visão panorâmica: como os sensores utilizados em sensoriamento remoto estão instalados em satélites cujas órbitas estão entre 700 e 900 km de altitude, é possível a coleta de

dados de extensas áreas; por exemplo, uma imagem de satélite LANDSAT abrange em uma única cena uma área de 185 km por 185 km;

- Homogeneidade na tomada dos dados: na aerofotogrametria, são necessárias várias aerofotos para abrangência de grandes áreas, que são obtidas num longo espaço de tempo; isto acarreta condições e situações diferentes na aquisição de cada foto (como diferentes condições atmosféricas e diferente iluminação - áreas de sombras); em contrapartida, uma imagem de satélite é obtida por um único sensor, num curto espaço de tempo e abrangendo uma grande área da superfície;
- Informação de regiões não visíveis do espectro eletromagnético: como os sensores ótico-eletrônicos utilizados no sensoriamento remoto são sensíveis a mais bandas do espectro eletromagnético (infravermelho médio e distante, microondas), além das detectadas pelas fotografias convencionais, as imagens deles provenientes proporcionam valiosos dados para estudos de meio ambiente, registrando informações imperceptíveis ao olho humano;
- Formato digital das imagens: agiliza o processamento e tratamento das imagens, reduzindo custos, além de permitir uma integração dos resultados com outros tipos de cartografia, por exemplo, na produção de mapas temáticos – cartografia temática.

2.1.5 Procedimentos do Sensoriamento Remoto

As técnicas (ou procedimentos) do sensoriamento remoto empregadas no processamento de imagens orbitais são classificadas, segundo NOVO (1992), em três conjuntos: técnicas de pré-processamento (preparação de imagens), técnicas de realce e técnicas de classificação.

As técnicas de pré-processamento (preparação de imagens) referem-se ao conjunto de programas que permitem a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente. Tais técnicas também incluem a correção dos efeitos atmosféricos, como a remoção de bruma, por exemplo. Correção radiométrica é a forma pela qual se minimiza as diferenças entre os níveis de cinza registrados por uma matriz de detectores. Estas diferenças advêm de problemas na calibração dos detectores ou em função da não-linearidade da resposta dos detectores à radiância da cena. Já a correção atmosférica tem por objetivo reduzir o efeito da interferência da atmosfera sobre os valores de cinza registrados em uma dada cena. A função da correção geométrica é a de reorganizar os *pixels* da imagem em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica (RICHARDS E JIA, 1999; INPE, 2001). Este procedimento, também conhecido como georreferenciamento de imagens, encontra-se melhor detalhado no item 2.1.6.

Já as técnicas de realce de imagens têm por objetivo melhorar a visualização da cena. As mais utilizadas entre estas técnicas são: manipulação de contraste, cujos procedimentos ampliam o contraste da imagem através da modificação do histograma; filtragem espacial, onde a modificação da imagem filtrada não depende apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas do valor do nível de cinza dos pixel vizinhos (mais detalhes no item 2.1.3.3); rotação de imagens, que visa melhorar a visualização dos objetos de interesse, através de transformações lineares e não-lineares dos *pixels* de uma cena, entre as técnicas de

rotação de imagens, destaca-se a transformação por componentes principais, que reduz a dimensionalidade dos dados, concentrando as informações contidas em diferentes bandas em um menor número de dimensões (PEREIRA, 1995; RICHARDS E JIA, 1999; GONZALES E WOODS, 2000).

E, por último, as técnicas de classificação digital, cujo objetivo é o de tornar o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetiva e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (NOVO, 1992; GONZALES E WOODS, 2000). A classificação é vista no item 2.1.7.

2.1.6 Georeferenciamento de Imagens

A imagem de satélite pode apresentar deformações como rotações, translações, diferença de fatores de escala nos eixos x e y e não ortogonalidade entre os eixos, em relação ao referencial da projeção cartográfica a ser utilizada no georeferenciamento. Para que a imagem digital possa ser utilizada para fins cartográficos (obtenção de coordenadas em referencial geodésico, integração com SIG - Sistemas de Informações Geográficas, entre outros), é necessário que a mesma seja corrigida segundo um sistema de coordenadas pré-determinadas. Este procedimento de correção é denominado de registro ou georeferenciamento de imagens, e consiste em, com base em dados de mapa ou obtidos em campo (coordenadas de alguns pontos de apoio e de controle obtidas, por exemplo, com GPS – *Global Position System*), determinar parâmetros de transformação do referencial de imagem para o referencial cartográfico a ser utilizado. Estes parâmetros englobam rotações, translações, fatores de escala e não ortogonalidade entre eixos. Com base nestes parâmetros pode-se obter equações de transformação de um referencial para outro e consequentemente gerar uma nova imagem, livre de

distorções geométricas e georeferenciada (SCHOWENGERDT, 1983; CURRAN, 1985; RICHARDS E JIA, 1999).

A etapa mais importante do georeferenciamento é o planejamento de pontos de apoio e controle. Aspectos como quantidade de pontos, localização e distribuição dos mesmos, bem como a precisão na obtenção de suas coordenadas, são de fundamental importância. O tamanho e complexidade geométrica da imagem irão definir a quantidade de pontos necessária. No caso de imagens com deformações (por exemplo, regiões com muitos acidentes geográficos, como serras), deve-se aplicar polinômios de segundo e terceiro grau. O grau da equação de transformação influi diretamente na quantidade de pontos necessários (quanto maior o grau, maior o número de pontos). Quanto à localização, é recomendável que sejam pontos claramente identificáveis na imagem e no mapa ou em campo, preferencialmente intervenções humanas na paisagem e que não estejam sujeitos ao dinamismo temporal. Os pontos devem ser distribuídos uniformemente sobre toda a área abrangida pela imagem. Deste modo evitam-se erros devidos a uma ponderação excessiva de algum setor da área de estudo, principalmente em regiões com contrastes topográficos, como serra e mar. (CURRAN, 1985; CHUVIECO, 1990; INPE, 2001).

2.1.7 Classificação de Imagens

Uma das principais finalidades do sensoriamento remoto é a distinção e identificação das composições dos diferentes tipos de cobertura terrestre, como os tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas, entre outros. Como estes têm comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético (ver item 2.1.1), torna-se possível identificá-los e distingui-los através da classificação de imagens (CRÓSTA, 1992).

A classificação das imagens multiespectrais de sensoriamento remoto consiste na associação de cada pixel da imagem a um índice que identifica um tipo de objeto real (vegetação, solo, etc.). Este objeto real é o tipo de cobertura presente na porção do terreno representada pelo pixel. Assim, os valores numéricos associados a cada pixel, definidos pela refletância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (água, tipo de solo, de solo, de rocha, etc.), sendo chamados de temas ou classes. Quando esse tipo de operação é efetuado para todos os *pixels* de uma determinada área, o resultado é um mapa temático, mostrando a distribuição geográfica de cada uma das classes. Esta associação é feita com base nos valores dos *pixels* ou num processo estatístico de classificação (NOVO, 1992; LILLESAND E KIEFER, 1994, GONZALES E WOODS, 2000).

Existem duas técnicas de classificação de imagens multiespectrais:

- Classificação supervisionada: onde o usuário identifica alguns dos *pixels* pertencentes às classes desejadas e o computador, então, localiza os demais *pixels* pertencentes a elas, baseado em alguma regra estatística pré-definida;
- Classificação não supervisionada: onde o computador decide, também com base em regras estatísticas, quais as classes a serem separadas e quais *pixels* pertencem a cada uma delas, cabendo ao usuário apenas designar o número de classes a serem distintas.

Na classificação supervisionada é necessário que o usuário tenha um conhecimento prévio da área a ser classificada. Para isso, ele pode recorrer a informações coletadas em campo, fotografias aéreas, cartas topográficas e temáticas, entre outros. Com base nas informações adquiridas, o usuário seleciona na imagem áreas representativas de cada classe. Essas áreas são denominadas áreas de

treinamento ou amostras. A partir dessas amostras, são calculados o nível de cinza médio e a sua variabilidade para cada classe. Para uma mesma classe várias amostras podem e devem ser definidas, de modo a assegurar a representatividade dos *pixels* selecionados. As áreas são então usadas como padrões espectrais, com os quais todos os *pixels* da imagem serão comparados para se decidir a quais classes pertencem (LILLESAND E KIEFER, 1987; CHUVIECO, 1990; CRÓSTA, 1992; RICHARDS E JIA, 1999).

Os métodos de classificação mais comuns na análise de imagens de satélite são, segundo CRÓSTA (1992), o método da distância mínima e o da máxima verossimilhança (*maximum likelihood*).

2.1.8 Filtros

Os filtros são uma das técnicas de realce de imagens mais utilizadas, e têm por objetivo melhorar a visualização da cena. No procedimento de filtragem a modificação da imagem filtrada não depende apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas do valor do nível de cinza dos pixel vizinhos (NOVO, 1992; GONZALES E WOODS, 2000).

Para NOVO (1992), os filtros digitais podem ser classificados em dois grandes grupos: filtros passa-baixa e filtros passa-alta. Os filtros passa-baixa (filtros que deixam passar as baixas frequências e retém as altas) são utilizados, em geral, para amenizar o efeito dos ruídos presentes durante a tomada de uma cena, ou seja, ruídos devidos a diferença de sensibilidade dos detectores e erros na transmissão do sinal. O resultado de uma filtragem passa-baixa é a redução da variabilidade dos níveis de cinza da cena. Os principais filtros desse grupo são os da média e da média ponderada. Já a filtragem passa-alta (deixa passar as altas frequências e retém as baixas) é utilizada quando se quer realçar regiões de transição dentro de uma cena

(realce de bordas), tais como os limites de um campo de cultivo, lineamentos geológicos, etc. Os filtros mais expressivos deste grupo são os de detecção de bordas.

Na literatura especializada existem diversos filtros para várias aplicações. Entre estes filtros destacam-se: os direcionais, que detectam mudanças em determinadas direções; os filtros não-lineares da moda e da mediana, que suavizam a imagem; e o filtro gradiente e seus derivados (filtros de Roberts, Prewitt e Sobel) utilizados para a detecção de bordas (CHUVIECO, 1990; RICHARDS E JIA, 1999).

2.1.9 Análise Visual de Imagens

A interpretação visual de imagens baseia-se em certos princípios da análise das características observadas num objeto, que incluem métodos para detectar, identificar e medir objetos a partir de uma perspectiva aérea ou orbital. Esta interpretação envolve pelo menos três atividades fundamentais: a identificação de objetos/fenômenos, a aquisição de medidas e a solução de um problema prático (NOVO, 1992).

Os objetos são identificados a partir da análise de certos elementos da imagem. Estes elementos, denominados Elementos de Análise são: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto (GUPTA, 1991; NOVO, 1992; LILLESAND E KIEFER, 1994).

Alguns pontos a serem levados em conta na interpretação de imagens através dos elementos de análise (NOVO, 1992):

- A cor ou a tonalidade dos objetos (como representativa de seu comportamento visual) estão sujeitas a variações em função das condições ambientais e da aquisição dos dados;
- Outro aspecto importante na identificação dos objetos através de

suas cores é conhecer o produto utilizado e o comportamento espectral dos objetos de interesse;

- Pode-se também identificar objetos a partir da avaliação de sua dimensão, no entanto, deve-se levar em conta a escala da imagem que se está analisando;
- A forma dos objetos pode ser considerada na sua identificação quando cor, tonalidade e tamanho não permitem a discriminação;
- Outro elemento que pode ser utilizado na identificação de objetos na imagem é a textura, sendo esta definida como a variação de tonalidades ou cores em função da presença de objetos muito pequenos para serem percebidos individualmente;
- Objetos organizados em uma cena dão origem a padrões que auxiliam sua identificação;
- As sombras podem auxiliar na identificação de certos objetos, da mesma maneira que podem obscurecer a visualização de outros;
- A localização é um fator muito importante na identificação de objetos numa imagem;
- O contexto ou associação entre objetos é outro elemento extremamente útil na identificação de objetos em imagens de sensoriamento remoto. Por exemplo, uma mancha urbana localizada numa região de intenso uso agrícola, pode ser identificada através de elementos associados à presença de cidades, como seus acessos (estradas).

Para a análise visual propriamente dita, tem-se que determinar com precisão a localização geográfica da área de estudo, com o auxílio, por exemplo, de

um mapa. Na seqüência deve-se identificar os principais acidentes geográficos da região (rios, serras, cidades). Então, inicia-se a aquisição dos chamados Dados Colaterais. Esta aquisição se dará através do levantamento da bibliografia sobre a área de interesse. Além das características da área em estudo, deve se procurar na literatura informações teóricas sobre o comportamento espectral dos alvos em questão. Outros dados importantes são as informações de laboratório: análise química de solos da região, análise petrográficas, etc. (estes dados auxiliam a compreender variações do comportamento espectral dos objetos em relação ao comportamento teórico). Quando dados bibliográficos e de laboratório não são suficientes para se ter uma primeira aproximação sobre a área de estudo, é sugerida a realização de um trabalho de campo de reconhecimento (GUPTA, 1991; NOVO, 1992; LILLESAND E KIEFER, 1994).

2.1.10 Processamento Digital de Imagens

A área de processamento de imagens vem sendo objeto de crescente interesse por permitir viabilizar um grande número de aplicações em duas categorias bem distintas: o aprimoramento de informações pictóricas para interpretação humana e a análise automática por computador de informações extraídas da cena. As aplicações do processamento de imagens permeiam quase todos os ramos das atividades humanas, desde a Medicina e Biologia até Astronomia, Segurança, Publicidade e Direito, para citar apenas algumas. O processamento e a interpretação automática de imagens captadas por satélite auxiliam os trabalhos nas áreas de Geografia, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Meteorologia, dentre outras (MARQUES FILHO, 1999).

O processamento de imagens envolve procedimentos normalmente expressos sob a forma algorítmica. Em função disto, com exceção das etapas de

aquisição e exibição (das imagens), a maioria das funções de processamento de imagens de ser implementada via *software* (MARQUES FILHO, 1999; GONZALES E WOODS, 2000).

Uma imagem digital pode ser vista como um matriz cujas linhas e colunas identificam um ponto na imagem, cujo valor corresponde ao nível de cinza da imagem naquele ponto. As propriedades de uma imagem digital são: vizinhança, conectividade, adjacência e caminho. Pode-se manipular numericamente uma imagem digital, utilizando operações lógicas e/ou aritméticas. Tais operações, quando orientadas à vizinhança, utilizam o conceito de convolução com máscaras (ou janelas ou *templates*), que pode ser mostrado como a seguir, baseado em MARQUES FILHO (1999).

Seja uma sub-área de uma imagem:

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

Onde: Z_1, \dots, Z_9 são os valores de tons de cinza de cada pixel.

Seja uma máscara 3 x 3 de coeficientes genéricos W_1, \dots, W_9 .

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

A máscara anterior percorrerá a imagem, desde seu canto superior esquerdo até seu canto inferior direito. A cada posição relativa da máscara sobre a imagem, o pixel central da subimagem em questão será substituído, em uma matriz denominada “imagem-destino”, por um valor:

$$Z = \sum_{i=1}^9 W_i \cdot Z_i \quad (1)$$

As operações de convolução com máscaras são amplamente utilizadas no processamento de imagens. Uma seleção apropriada dos coeficientes W_1, \dots, W_9 torna possível uma grande variedade de operações úteis, como por exemplo, a detecção de características da imagem.

O MATLAB (abreviação de “Laboratório de Matrizes” – MATrix LABoratory) é um sistema para cálculos matemáticos e matriciais, o qual pode ser imaginado como uma espécie de linguagem de programação. Uma vantagem do MATLAB é seu extenso conjunto de rotinas de representação gráfica. É possível a criação de programas com as funções do MATLAB para implementar algoritmos

mais complexos. Esses programas são conhecidos como arquivos-M ou *scripts* (MARQUES FILHO, 1999). O MATLAB é um *software* matemático interativo de alta performance utilizado em cálculos numéricos (MARQUES, 1995).

2.2 ESTUDO DA PAISAGEM

2.2.1 Definições e Conceitos

A experiência brasileira no campo do Estudo da Paisagem é ainda muito incipiente se comparada à de alguns países e, portanto, é necessário assimilar os conhecimentos já alcançados e avançar na elaboração e adequação de metodologias aplicáveis às nossas condições ROCHA (1995). Algumas definições e terminologias empregadas na Ciência da Paisagem serão apresentadas a seguir.

No grego, a palavra utilizada para indicar paisagem é a mesma que indica país, compreendido como espaço e não como divisão político-administrativa. Embora no latim não haja um vocábulo único para indiciar a idéia de paisagem, nas línguas neolatinas vamos encontrar essa palavra, até mesmo na língua portuguesa. Vocábulo etimologicamente bem próximos da palavra que usamos em português estão presentes no espanhol (*paisaje*), no italiano (*paesaggio*) e no francês (*paysage*) (BLEY, 1999). As línguas germânicas apresentam um claro paralelismo com o termo *land*, com um sentido praticamente igual, originando os termos *landschaft* (alemão), *landscape* (inglês) e *landschap* ou *landskip* (holandês) (GONZALEZ-BERNALDEZ, 1981; ROCHA, 1995). Segundo BOLÓS I CAPDEVILA (1992), a palavra paisagem é derivada do latim (*pagus*, que significa país), com o sentido de lugar.

A paisagem, definida por LAURIE (1976), é um espaço quando visto ou descrito em termos de suas características fisiográficas e ambientais, relacionadas com os impactos antropogênicos, e de grande importância nos estudos de planejamento. Já VILLOTA (1986), diz que a paisagem é a unidade fundamental e básica para definir os diversos tipos de solos existentes. Pode-se então, a partir disso,

utilizar o Estudo da Paisagem como um subsídio para a definição de usos e ocupação do solo. FORMAN e GODRON (1986), definem a paisagem como uma superfície geográfica heterogênea, constituída por um grupo de ecossistemas que se repetem apresentando padrões semelhantes. Dos muitos conceitos de paisagem, interpretados por profissionais de diversas áreas, os mais atuais a definem como sendo expresso do produto de interação espacial e temporal do indivíduo com o meio (UICN¹, *apud* MARENZI, 1996).

Observando as diferentes definições e idéias em relação ao significado do vocábulo paisagem, PIRES (1993), mostra três distintos enfoques atribuídos ao termo:

- A paisagem puramente estética aludida à combinação harmoniosa de cores formas e dimensões;
- A paisagem geográfica e ecológica, aludida aos sistemas naturais que configuram a natureza;
- A paisagem cultural, aludida como cenário da atividade humana.

Para BIONDI (2000), os princípios ecológicos são a base para formação dos aspectos culturais e estéticos. Neles, o conhecimento da fisionomia da paisagem é traduzido pelas características dos ecossistemas existentes. Já os princípios culturais são baseados na modelagem da paisagem pelo homem, através da eliminação e/ou introdução de elementos artificiais, que ao longo do tempo vão sendo parte ou característica do cenário local. A noção de estética na paisagem é um dos sentidos mais primitivos, intuitivos e primários que se tem e, ao mesmo tempo, seu entendimento é útil para compreender a ecologia da paisagem.

PIRES (1993) diz que, nos últimos vinte e cinco anos, consagrou-se em alguns países, principalmente na Europa e América do Norte, o processo

¹ UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza. **Estratégia Mundial para a Conservação: a conservação dos recursos vivos para um desenvolvimento sustentado.** II SP, CESP, 1984, II 1v.

institucional do Planejamento da Paisagem, cujas etapas técnicas ou científicas passaram a exigir o desenvolvimento de estudos sobre a paisagem, tomada na sua dimensão visual e territorial. Também enfatiza a importância deste estudo relacionando-o com a crescente demanda social pelos valores ambientais através das qualidades cênicas e naturalísticas da paisagem.

2.2.2 O Estudo da Paisagem no Planejamento do uso do Território

Em todas as suas dimensões (estética, ecológica e cultural) a paisagem, considerada como uma variável do meio ou como a síntese dos fatores que determinam uma porção do espaço, representa a expressão visual da superfície terrestre e a interação espacial de todos os seus elementos. Logo, é mais do que necessário adotar o estudo paisagístico nos planos de desenvolvimento de uma região, com enfoque conservacionista tanto dos aspectos estéticos, quanto dos culturais e, principalmente, dos aspectos ecológicos. Daí a importância de se considerar a avaliação da paisagem no planejamento de uso e ocupação do solo.

De acordo com BOLÓS I CAPDEVILA (1992), a exploração dos recursos naturais e a progressiva mudança de usos do solo originam uma antropização crescente dos setores que possuíam altos graus de naturalidade. Estas rápidas transformações da paisagem fazem-na ser considerada também como um recurso no meio, onde valores perceptivos representam um patrimônio natural, cujo papel no bem-estar humano e na qualidade de vida tem um enorme peso. Por isso, a dimensão paisagística vem se incorporando ao planejamento territorial, devendo este ser dirigido a conservar a qualidade da paisagem em função de sua capacidade para a recreação, turismo e outros aspectos.

NAVEH (1994) considera que o planejamento paisagístico deve unir-se ao ecológico como parte integrante deste, salientando a necessidade de avaliação

quantitativa do impacto total do uso do solo e sua específica e necessária utilidade na paisagem, especialmente considerando o campo da recreação. PARSONS (1995) defende as pesquisas sobre a influência da paisagem nas condições de saúde humana, a fim de subsidiar julgamentos dos impactos de ações de planejamento e de decisões de manejo que envolvam a estética ambiental conciliada com a sustentabilidade de *hábitats*.

LAURIE (1976), diz que o planejamento da paisagem no sentido mais amplo é o contexto para o planejamento local e este, por sua vez, é a estrutura na qual estará o projeto detalhado. Segundo SEIBERT (1978), a finalidade do planejamento da paisagem é o de encontrar um equilíbrio entre o potencial natural da paisagem e as necessidades da sociedade, considerando a limitação deste potencial natural e a sua diferenciação local e regional. A integração da paisagem como variável do meio físico passou a ser uma necessidade urgente a ser tratada, e seu estudo e valoração devem ser prévios a qualquer projeto de planejamento (ALVAREZ-ALFONSO, 1990).

Sendo assim, é justificável a consideração do estudo da paisagem no planejamento de uso e ocupação do território, na avaliação de impactos ambientais, na recuperação de áreas degradadas, na proteção de recursos cênicos e no desenvolvimento turístico de uma região.

2.2.3 Componentes e Elementos da Paisagem

Uma paisagem terrestre é formada por componentes naturais e artificiais. Os componentes naturais são representados pelo relevo, litologia, clima, solo, água, vegetação e fauna. Os componentes artificiais são aqueles devido à intervenção humana (agricultura, reflorestamentos, centros urbanos, vias, mineração e outros). Existe também a presença do componente tempo, que age num determinado espaço

físico, com a predominância de certos elementos, dando origem a diferentes tipos de paisagens (urbana, litorânea, florestal, etc.). Há ainda a ação de outros fatores eventuais que podem modificar a paisagem ao longo do tempo, como os furacões, incêndios, tempestades, pragas, doenças, vulcões, enchentes, secas e poluição (BIONDI, 2000).

A escala adotada no estudo de uma paisagem definirá como os componentes desta paisagem, através de seus elementos, serão percebidos. Trabalhando-se com uma micro-escala, os elementos da paisagem podem ser vistos como unidades paisagísticas. Segundo ROCHA (1995), na literatura especializada a identificação destas unidades se dá por várias denominações, entre elas, unidade ambiental, ecótopo, sítio e unidade ecológica, dependendo dos objetivos a que eram propostas. Por exemplo, num estudo sobre vegetação, a unidade paisagística pode ser um bosque ou uma árvore. Quando a escala empregada é macro, FORMAN e GODRON (1986), estabelecem que qualquer paisagem, como unidade ecológica, apresenta como estrutura fundamental três elementos básicos:

- Unidades da paisagem (fragmentos ou manchas): importantes pelas características relativas ao tamanho, forma e natureza dos limites. Superfícies não lineares que se distinguem por seu aspecto, diferente das superfícies ao redor. Podem se caracterizar por sua composição interna (tipo de vegetação, por exemplo), origem (alteração natural, como fogo, ou introduzida pelo homem, como uma área remanescente, diferente das áreas que a rodeiam), por seu tamanho, forma (larga, compacta, regular, irregular), tipo de borda (simples, complexa, regular, irregular), número de unidades ou manchas presentes na paisagem, distribuição espacial, etc.;
- Corredores: estruturas de ligação ou ruptura entre fragmentos.

Os corredores se distinguem devido a sua origem, composição, tamanho, forma, etc., e também em relação a presença de quebras e rupturas, a sua conectividade, sinuosidade, etc. ;

- Matriz: espacialmente é o elemento mais extensivo da paisagem. Pode-se caracteriza-la em função de sua composição, homogeneidade ou heterogeneidade, por sua porosidade (presença de manchas em seu interior), também pela quantidade de bordas internas e por seu grau de conexão.

BIONDI (2000), diz que o entendimento da paisagem como expressão espacial do meio possibilita a análise e definição da expressão plástica de seus elementos básicos, que são: o ponto (sem dimensão), a linha (unidimensional), o plano (bidimensional) e o volume (tridimensional). CANTERAS (1992), distingue dois tipos de componentes da paisagem: físicos ou territoriais e estéticos. Os componentes físicos podem ser agrupados em: Terra (os aspectos exteriores da superfície terrestre), Água (formas de água: rios, mares, neve, etc.), Vegetação (em todas as suas distintas formas), e Elementos Antrópicos (todos os elementos artificiais introduzidos pelo homem). Os componentes estéticos são percebidos na paisagem através dos sentidos, principalmente pela visão, através das impressões visuais, que são, segundo SILVA *et al.* (1998):

- Forma: é o volume ou a superfície de um objeto, que aparece unificado tanto pela configuração que apresenta na superfície do terreno, como pela localização conjunta sobre a paisagem. As características territoriais que mais afetam a forma são o relevo, vegetação e os corpos d'água;
- Cor: é a reflexão da luz com intensidade e comprimento de onda específicos que permitem distinguir os objetos. É a principal propriedade de uma superfície. As cores são definidas pela

pigmentação (azul, amarelo, etc.). Isto permite dividir em cores quentes e frias, pelo tom (claro, escuro), e pelo brilho (opaco, brilhante). A combinação de cores determina, em grande parte, a qualidade da paisagem.

- Textura: é a soma de formas e cores percebidas como variações de uma superfície contínua. É caracterizada pelo grão (tamanho relativo das irregularidades superficiais), densidade (espaçamento), regularidade (grau de ordenamento e homogeneidade na distribuição espacial), e contraste interno (diversidade de cores e luminosidade dentro da superfície).
- Escala: é a relação entre o tamanho do objeto e o entorno onde está situado. O observador sempre estabelece a escala entre os objetos pela comparação de seu tamanho com outras dimensões conhecidas.

A combinação destes elementos visuais básicos (ou primários) cria composições onde se pode distinguir categorias estéticas secundárias da paisagem: unidade (agregação harmônica e coerente das partes elementares, de forma que o conjunto é algo mais que uma simples soma destas partes), força (intensidade da paisagem ou qualidade que a faz atrativa) e variedade (condição de ter partes diferenciadas, com ausência de monotonia). Pode-se citar ainda, o ritmo, a dominância, o contraste e a essência local.

Todos os elementos visuais (primários e secundários) compostos espacialmente definem distintos tipos de paisagem, que são, baseados em CANTERAS (1992) e BIONDI (2000):

- Paisagem Panorâmica: sem limites para a visão. Predomínio de elementos horizontais. O céu domina a cena;
- Paisagem Fechada: definida pela presença de barreiras visuais

que determinam uma marcada definição do espaço;

- Paisagem Focalizada: caracterizada pela existência de linhas paralelas ou objetos alinhados que parecem convergir até um ponto focal que domina a cena;
- Paisagem Centrada: dominada pela presença de um componente singular que centra a atenção do observador;
- Paisagem Limitada: espaço envolvido por barreiras visuais ou espaços cercados ou fechados;
- Paisagem Detalhe: caracterizada normalmente pela observação temporária de um elemento;
- Paisagem Temporária: produz um impacto incomum por influência de elementos instáveis da natureza.

A Tabela 2 mostra a formação da expressão espacial da paisagem.

TABELA 2: FORMAÇÃO DA EXPRESSÃO ESPACIAL DA PAISAGEM.

Elemento Básico	Expressão Visual Primária	Expressão Visual Secundária	Composição Espacial
Ponto	Forma	Unidade	Paisagem Panorâmica
Linha	Cor	Força	Paisagem Fechada
Plano	Textura	Diversidade	Paisagem Focada
Volume	Escala	Ritmo	Paisagem Centralizada
		Dominância	Paisagem Limitada
		Contraste	Paisagem Detalhe
		Essência local	Paisagem Temporária

FONTE: BIONDI (2000).

2.2.4 Percepção e Valoração da Paisagem

A Percepção da paisagem pode ser descrita como o processo pelo qual o organismo humano se informa dos objetos e das transformações que se manifestam ao seu redor. Tal processo é importante na avaliação da paisagem e depende exclusivamente do observador. A percepção sofre influência de aspectos culturais,

espaciais, temporais e de formação profissional do indivíduo observador. Também depende das condições de observação (posição do observador, condições atmosféricas, iluminação), das limitações fisiológicas (distância observador – objeto) e das limitações topográficas (campo visual)

Para LAURIE (1976), a valoração da qualidade visual da paisagem enfoca geralmente um exercício comparativo, gerando uma tendência subjetiva. Este subjetivismo provém da própria educação recebida, atitudes afetivas e gostos adquiridos, que se manifestam quando um indivíduo percebe uma paisagem e emite um juízo de valor sobre a mesma.

BOLÓS I CAPDEVILA (1992) menciona que para um estudo efetivo de avaliação paisagística devem ser considerados aspectos relacionados com o exercício de sensibilidade humana, de ordem estética e psicológica, sendo atualmente estudadas as relações entre as características da paisagem e os sentimentos que os suscita. A interpretação da paisagem, ou seja, a análise realizada pelo observador sobre o conteúdo da cena observada, poderá oferecer como resposta uma simples qualificação estética (feio, bonito ou atraente), ou um modelo baseado em métodos científicos com mensurações e tratamentos de dados.

BLEY (1999), diz que entre os pioneiros no estudo de paisagens valorizadas está Lowenthal (1978), que desenvolveu pesquisas buscando identificar a preferência por determinadas paisagens. Este autor não concorda com que as preferências e o valor de determinada paisagem estejam vinculados apenas à beleza. Considera que a preferência estética é apenas uma das muitas fontes de vínculos afetivos com a paisagem.

GONZALEZ-BERNALDES²; *apud* MARENZI (1996), atenta ao fato de

² GONZALEZ-BERNALDES, F. *Ecología y Paisaje*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1981.

que o estudo da paisagem liga o enfoque científico, abstrato, quantitativo e o aspecto da cultura empírica e sensorial, sendo necessário buscar-se a complementariedade entre estes contextos. Salienta ainda o extraordinário mundo de inspirações que pode ser derivado da análise de preferência da paisagem e do perigo de simplificação e superficialidade desta.

BLEY (1999), afirma que a questão do valor da paisagem é muito complexa. Uma corrente filosófica afirma que o homem, em todos os atos e ante todos os fatos, define, analisa, aceita ou rejeita, isto é, realiza uma valoração. Essa valoração é uma apreciação de valores, um juízo de valor. Os juízos de valor enunciam algo que não se junta nem se tira da existência e da essência do objeto. Os axiólogos mais modernos afirmam que “os valores não são, os valores valem”. E, mesmo axiologicamente, a natureza do valor é controvertida. No julgamento de valor de uma paisagem evidencia-se um valor utilitário, financeiro, comercial e um valor estético. Citando Lacoste (1977), diz que a paisagem não é somente um valor estético, simbólico, é um procedimento de valoração ideológico e, também, um valor de mercado. Exemplifica citando que em tornos de um ponto de onde se possa observar uma paisagem, de beleza já consagrada, concentra-se logo a especulação imobiliária.

Para MACHADO (1999), pode se considerar a percepção dos moradores como uma informação de grande importância no estudo da interação entre homem e paisagem, pois é inegável que há uma profunda diferença entre um cenário descrito e estudado, e um cenário que se experimenta e se vive. É a familiaridade em relação a tudo que existe na paisagem que lhe confere um significado especial, onde os habitantes vivem, se movimentam e se relacionam entre si e com a paisagem.

2.2.5 Aplicações do Estudo da Paisagem

Em termos aplicativos, os estudos de qualidade e fragilidade da paisagem possibilitam prescrever restrições ou níveis de proteção de uma área e, conseqüentemente, os níveis de uso e ocupação segundo uma ótica conservacionista. (PIRES, 1993). Para Mc HARG (1969), cada área possui uma adequação intrínseca para certas finalidades e usos da terra. Os recursos terra, ar e água são indispensáveis à vida e constituem assim valores sociais cuja análise e avaliação devem preceder a prescrição para utilização dos recursos naturais.

LAURIE (1976), diz que o impacto do desenvolvimento sobre a paisagem deve ser claramente conhecido e avaliado antes da adoção de uma política para permitir tal ação. A política de uso do solo pode ser feita com base no conhecimento da vulnerabilidade ou resistência da paisagem, cuja avaliação deve ser feita em termos do uso potencial da terra e do grau de resistência do sistema natural aos distúrbios. A paisagem pode ser vista, então, em termos de uso potencial e dos critérios ótimos para estes usos, dentro de um limite de distúrbio aceitável.

ARNOT e GRANT³, *apud* PIRES (1993), mencionam que os valores estéticos foram considerados no sistema de análise, avaliação e classificação qualitativa e quantitativa da terra, como base para o planejamento ambiental em muitas áreas da Austrália. Estes autores afirmam que os valores estéticos são necessários para uma avaliação completa, pois fazem parte da capacidade de uso funcional da terra.

Além de poder complementar as informações pertinentes à ecologia da paisagem com fins de planejamento e de zoneamento de uso do solo, a análise da qualidade da paisagem tem contribuído tradicionalmente para subsidiar estudos envolvendo questões referentes às Unidades de Conservação, seja na avaliação prévia para implantação de unidades ou nos planos de manejo (MARENZI, 2000). A

³ ARNOT, R.H., GRANT, K. Application of a method for terrain analysis to functional land-capability assessment landscape appreciation. *Landscape Planning*, Amsterdam, n.8, p.269-300, 1981.

importância da inclusão da análise e avaliação da qualidade da paisagem deve ainda ser levada em conta na avaliação de impactos ambientais, na recuperação de áreas deterioradas, na proteção de recursos cênicos, no desenvolvimento turístico, entre outras necessidades da sociedade contemporânea

A atual situação e necessidades do estudo de paisagens e suas aplicações no campo das ciências, sugere que se utilize menos estudos descritivos e mais estudos metodológicos e de modelagem (HOBBS⁴ *apud* SILVA *et al.*, 1998).

A Tabela 3 mostra alguns estudos na área da avaliação de paisagens.

TABELA 3: ESTUDOS COM AVALIAÇÃO DE PAISAGENS

Autor	Estudo	Comentários
Mc HARG (1969)	Técnica de sobreposição por transparências (overlay) dos temas mapeados.	Levantou os recursos naturais e fatores sócio-econômicos da área. Produziu mapas temáticos e matrizes de incompatibilidade com sobreposição dos mapas. Elaborou mapas de adequação e de delimitação de uso para cada recurso considerado. Estabeleceu critérios de adequação de recursos.
LITTON (1972)	Determinação da qualidade estética.	Estabeleceu critérios para a determinação da qualidade estética. Baseou-se em: forma, espaço, distancia e tempo de observação, identificando e classificando tipologias paisagísticas.
GRIFFTH e VALENTE (1979)	Aplicação das técnicas de estudos visuais no planejamento da paisagem brasileira.	Utilizaram o conceito de paisagem como unidade visual, a variedade dos elementos visuais e os efeitos da seqüência visual. Sugestão de algumas das múltiplas possibilidades de manejo dos recursos naturais.
GRIFFTH (1979)	Análise dos recursos naturais do Parque Nacional da Serra da Canastra.	Considerou a variedade paisagística manifestada no contexto da topografia, água, cobertura geológica e florestal, como indicativos dos recursos cênicos do parque. Também indicou pontos específicos de interesse visual, fator prejudicial e áreas especiais de importância paisagística.
VELASQUES (1982)	Preservação paisagística como recurso natural e cultural	Estudou a paisagem para o planejamento do uso do solo, identificação e proteção dos recursos cênicos, avaliação dos impactos visuais gerados pela implantação de projetos ou atividades antrópicas. Usou o método de análise de dimensões abstratas e sistemas analítico-descritivos.

⁴ HOBBS, R. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and Urban Planning*, 37: p.1-9, 1997

CONTINUAÇÃO DA TABELA 3: ESTUDOS COM AVALIAÇÃO DE PAISAGENS

Autor	Estudo	Comentários
FUPEF (1988)	Plano de Manejo – Área de Proteção de Guaricana (São José dos Pinhais, PR).	Tomou como base a metodologia de GRIFFTH (1979). Estabeleceu a variável alteração antrópica e níveis correspondentes de impacto visual no contexto da análise da paisagem.
MILANO (1988)	Estudo da Paisagem na avaliação de impactos ambientais.	Utilizou sistemas analítico-descriptivos. Analisou a paisagem nos contextos: topográfico, hidrográfico, vegetação/geologia, e alterações antrópicas. Sua área de estudo foi o litoral paranaense.
ALVAREZ-ALFONSO (1990)	Estudo e valoração da paisagem do território de Valderejo – Espanha.	Utilizou o método indireto de avaliação, através dos componentes da paisagem. Analisou a paisagem a partir de suas propriedades intrínsecas: qualidade e fragilidade visual.
PIRES (1993)	Avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma – SC.	Aplicou a metodologia indireta de avaliação da paisagem, com base nos componentes da paisagem. Considerou a qualidade visual intrínseca e as relações visuais entre as unidades de paisagem. Analisou quatro fatores que agregam características à paisagem: relevo, água, vegetação e atuações humanas.
ROCHA (1995)	Ecologia da paisagem e manejo sustentável em bacias hidrográficas: estudo de caso do Rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná.	Analisou a influência da paisagem sobre aspectos complementares de conservação da biodiversidade de ecossistemas naturais e semi-naturais, produção sustentável de recursos econômicos, e aspectos de qualidade visual da paisagem. Utilizou os seguintes componentes: geologia, geomorfologia, solos, vegetação natural, processo de antropização, divisão fundiária, sistemas de uso e percepção da paisagem, bem como interações entre estes sistemas.
MARTÍN e GALÁN (1996)	Estudo paisagístico de "La huerta de Valencia" – Espanha.	Promoveram o estudo da paisagem para o planejamento territorial. Utilizaram o método indireto, através dos componentes da paisagem (vegetação e uso do solo). Analisaram a qualidade e fragilidade da paisagem.
MARENZI (1996)	Estudo da valoração da paisagem e preferências paisagísticas no município de Penha – SC.	Utilizou o método misto de valoração da paisagem, através da técnica de regressão múltipla. Dividiu a área de estudo em regiões homogêneas em função das características naturais e usos semelhantes. Analisou as variáveis: céu, água, areia, construções, estradas, solo exposto, costão, pastagem, diferentes tipos de vegetação, e o elemento humano ou animal.
LEAL (2002)	A valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano	Propôs e construiu um modelo de valoração paisagística integrado a um sistema de informações geográficas (SIG), com informações ao nível do espaço urbano, no município de Matinhos – PR. Com base nas classes de valoração paisagística elaborou um Zoneamento Ambiental Urbano.

FONTE: TABELA ELABORADA PELO AUTOR.

A maior parte dos trabalhos conhecidos, com o objetivo de dimensionar a qualidade da paisagem, está relacionada com as necessidades específicas do planejamento do uso do espaço. Assim, a análise visual da qualidade da paisagem é colocada, freqüentemente, como uma etapa de uma avaliação mais ampla, socioeconômica e/ou ecológica de uma área. (BLEY, 1999).

2.2.6 Planejamento da Paisagem

Atualmente, está na ordem do dia, na pauta dos planejadores, administradores e políticos tomar o turismo como panacéia para sanar as dificuldades de recursos por que passa a maioria dos municípios brasileiros. O objetivo de incrementar o turismo deve ser claramente definido, levando em conta o frágil equilíbrio da paisagem (BLEY, 1999).

Para Hackett (1971), o papel do planejador paisagístico é o de situar e unir vários tipos de uso do solo, por meio de um processo baseado no conhecimento técnico da fisiologia da paisagem e no entendimento estético de sua fisionomia. O resultado desse processo seria a obtenção de um novo estágio de organização da paisagem. Crowe (1964), é de opinião que planejamento paisagístico é um conceito mais amplo de planejamento de uso do solo, porque inclui tanto o uso quanto a fisionomia da paisagem. Para ela, a função do paisagista é a de comandar o complexo sistema de *habitats* e funções que coexistem, separando o que é incompatível, reconciliando usos diversos e, principalmente, relacionando cada uso específico à totalidade da paisagem (LEITE, 1983).

O entendimento das relações entre os elementos da paisagem na escala regional é pré-requisito para a intervenção na pequena escala e requer uma análise tanto funcional quanto estrutural. A compreensão da dinâmica da paisagem depende, talvez, tanto da análise dos processos anteriores que produziram os atuais padrões de

uso do espaço, como de uma correta avaliação do impacto das decisões que se tomam em função de um sistema de valores ao qual se está ligado. O planejamento físico e as políticas referentes ao uso do solo, em nível regional, dependem do estabelecimento detalhado de metas e critérios de utilização do território. Cada elemento organizador da paisagem apresenta características próprias, possibilidades, limitações e exigências. A boa qualidade dos elementos não se traduz automaticamente em boa qualidade da paisagem. A qualidade da paisagem se revela através da disposição adequada dos elementos (LEITE, 1983).

A produção acadêmica, quase sempre muito distante do mundo-vida, está empenhada em ajustar a realidade às suas teorias, leis e modelos. O enraizamento do homem ao lugar é um aspecto que não pode mais ser colocado de lado pelos pensadores preocupados com o espaço humano (MACHADO, 1999).

2.2.7 Procedimentos para Avaliação da Paisagem

As primeiras experiências em análise e avaliação da qualidade da paisagem foram intuitivas e elementares, não sendo mais que uma descrição seguida de uma classificação, com a finalidade de selecionar áreas de grande beleza natural, para implantação de parques nacionais, por exemplo. O estudo da paisagem constitui-se, em essência, na obtenção dos elementos ou unidades que a definam e na valoração dos mesmos (VALDIVIELSO⁵, *apud* PIRES, 1993). De acordo com ROCHA (1995), é evidente a multiplicidade de perspectivas abertas para o emprego de metodologias na análise da paisagem. Para cada situação, devem ser observados os padrões típicos nos quais apresentam-se os componentes da paisagem, ou seja, os diferentes arranjos possíveis entre os mosaicos formados pela combinação de formas

⁵ VALDIVIELSO, M.T.V. El paisaje. Inventariación, valoración, previsión y evaluación de impactos. In: *Curso de Evaluaciones de Impacto Ambiental*. (1984: Madrid). Dirección General del Medio Ambiente. Madrid, 1984.

superficiais do terreno, aspectos bióticos e intensidades diferenciadas de antropização.

PIRES (1993) afirma que atualmente os estudos da paisagem compreendem desde uma mera descrição até uma tipificação ou classificação em unidades homogêneas e desde estudos de percepção visual até a determinação da qualidade e fragilidade visuais, com uso intenso de técnicas estatísticas. CANTERAS (1992), diz que os métodos de avaliação da paisagem variam desde aqueles baseados nas considerações estéticas, portanto subjetivos, até os métodos que pretendem avaliar objetivamente a qualidade da paisagem, mediante seus componentes. Existem várias classificações destas metodologias (DUNN, 1974; PLENNING-ROWSELL, 1974; ROBINSON, 1976; ARTHUR, 1977) em função dos critérios empregados, ou dos sistemas de medida, ou da participação de usuários, etc. Mas, na literatura especializada se dá preferência para uma classificação de maior rigor conceitual, prescindindo das etapas históricas de desenvolvimento destes métodos (ALONSO, 1995). A classificação adotada, segundo ALVARES ALFONSO (1990), CANTERAS (1992) e ALONSO (1995), é a seguinte:

Métodos Diretos.	Subjetividade Admitida (livre). Subjetividade Controlada. Subjetividade Compartilhada. Subjetividade Representativa.
Métodos Indiretos	Componentes da Paisagem Categorias Estéticas
Métodos Mistos	Combinam pontos comuns dos métodos diretos e indiretos através de análises estatísticas

Nos métodos diretos a valoração se realiza a partir da contemplação da totalidade da paisagem, pela visualização no local ou pelos substitutos (fotografias, slides, vídeos ou gravuras), dando origem a diferentes níveis de subjetividade

durante o processo. O agente de valoração poderá ser o público em geral, grupos representativos da sociedade ou, ainda, profissionais paisagistas.

Já nos métodos indiretos a valoração é realizada através da desagregação da paisagem e análise de seus componentes ou das categorias estéticas (elementos da paisagem), de acordo com diferentes juízos de valor e segundo critérios de pontuação e classificação estabelecidos por especialistas. Estes métodos formam o grupo mais numeroso de técnicas de valoração da qualidade da paisagem, e também são os mais antigos. Permitem tanto uma análise qualitativa quanto quantitativa dos componentes da paisagem e seu conjunto. São realizados, tendo como fases: a identificação dos componentes a considerar; a medição dos componentes para cada unidade sobre a informação cartográfica; estabelecimento do peso ou coeficiente de ponderação com que cada elemento contribui para a qualidade; obtenção de um valor da qualidade visual global da unidade em questão. FRITZSONS *et. al.* (2000), diz que as informações cartográficas podem ser utilizadas de forma isolada, um único mapa, ou de forma associada, resultante da sobreposição de diferentes cartas ou planos de informação. Este procedimento comum em trabalhos de estudos ambientais vem sendo realizado desde longa data, conforme estudos pioneiros realizados por Mc HARG (1969).

O Método Indireto das Componentes da Paisagem é aplicado através da análise dos componentes físicos (meio abiótico: água, topografia), dos componentes biológicos (meio biótico: vegetação, fauna), e dos componentes antrópicos (uso do solo). Tais componentes devem ser valorados através de unidades regulares (malha reticulada) ou unidades irregulares (em função de um componente definidor da paisagem, por exemplo). No Método Indireto das Categorias Estéticas a valoração é feita a partir de uma série de categorias estéticas (variedade, contraste, movimento, etc). Cada unidade é valorada em função da categoria estabelecida e terá um valor único, agregado ou compatibilizado das valorações parciais.

VELASQUES (1982) classifica de outra forma os métodos indiretos de avaliação da qualidade visual da paisagem: pela análise de dimensões abstratas ou por sistemas analítico-descritivos. A análise de dimensões abstratas baseia-se em princípios de composição estética como forma, cor, escala, dominância, sendo de mais difícil reprodução. Os sistemas analítico-descritivos baseiam-se na descrição e análise de características de superfície como hidrografia, tipologia vegetal e diversidade do uso do solo, cujas dimensões são mensuráveis e de reprodução mais objetiva.

Pelos Métodos Mistos a valoração é feita de forma direta, realizando-se depois, através de análises estatísticas, o estudo da participação de cada componente ou elemento no valor total da paisagem.

CANTERAS (1992) enuncia algumas qualidades que todo método de avaliação da paisagem deve possuir para que sua utilização seja correta:

- Precisão: o método deve considerar todos os elementos significativos;
- Homogeneidade: deve se comportar com precisão similar em toda a área de estudo;
- Rendimento: o trabalho necessário para sua execução deve ser proporcional com a precisão da avaliação obtida;
- Objetividade: deve proporcionar resultados análogos para diferentes observadores;
- Universalidade: deve poder adaptar-se as distintas zonas que se encontram dentro da área de estudo, sem variação em relação às qualidades anteriores.

Antes porém, quando se for escolher ou desenvolver um método de avaliação da paisagem, é preciso levar em conta os seguintes pontos: escolher um método em função das características do meio que se vai avaliar; o método a ser

aplicado pode exigir certas qualidades da equipe que o empregará; e, é necessário considerar a relação prazo/custo/equipe e método a ser aplicado.

Atualmente, além dos mapas temáticos em diversas escalas, outras fontes de informação cartográfica são preconizadas para a avaliação da paisagem, entre elas, o sensoriamento remoto, as fotografias aéreas, os Sistemas Geográficos de Informações (GIS), a modelagem e os modelos fractais, estes últimos referentes ao processamento digital de imagens (ROCHA, 1995; PORTO, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho localiza-se no município de Tibagi, PR. Na sequência, serão apresentados os aspectos mais relevantes desta área e seu entorno, a região dos Campos Gerais. Para um efetivo entendimento da paisagem regional se fez necessário um levantamento pormenorizado de seus aspectos mais expressivos. Para tanto, realizou-se pesquisa bibliográfica, visitas a campo e a órgãos e instituições, com a finalidade de coletar dados e informações para descrever todas as características que influenciaram e influenciam a paisagem em questão.

3.1.1 Localização da área de Estudo

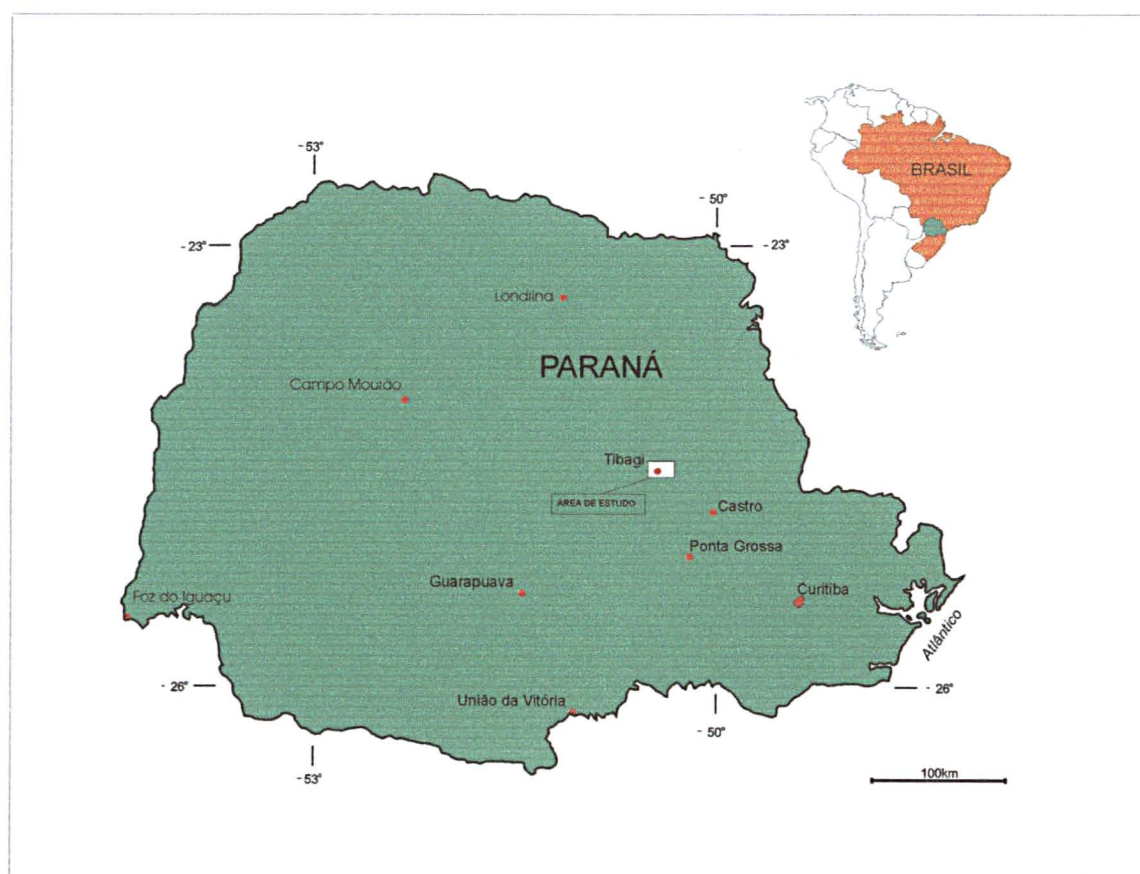
A área de estudo do presente trabalho abrange a área delimitada pelas coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e geográficas (Latitude e Longitude), constantes da tabela 4. Estas coordenadas foram extraídas das cartas topográficas que cobrem a região (ver item 3.2.1.1). Esta área, escolhida como área de teste para a metodologia empregada, abrange um total de 384 Km² (24 Km de extensão por 16 Km de largura), é uma parte do município de Tibagi, PR, e foi selecionada por apresentar uma ampla e representativa quota da diversidade paisagística regional. Tal área abrange aproximadamente 12,4% da área total do município (3.105 Km²).

TABELA 4: COORDENADAS DA ÁREA DE ESTUDO.

Limite	UTM	Origem: Equador e Meridiano 51°W	Coordenadas Geográficas	Datum: SAD69
	Coordenada Leste (metros)	Coordenada Norte (metros)	Longitude (Oeste)	Latitude (Sul)
Superior Esquerdo	552.000,00	7.298.000,00	50° 29' 13"	24° 25' 49"
Inferior Direito	576.000,00	7.282.000,00	50° 14' 57"	24° 34' 26"

A figura 3 mostra a inserção geográfica da área de estudo.

FIGURA 3: ÁREA DE ESTUDO E SUA INSERÇÃO GEOGRÁFICA.



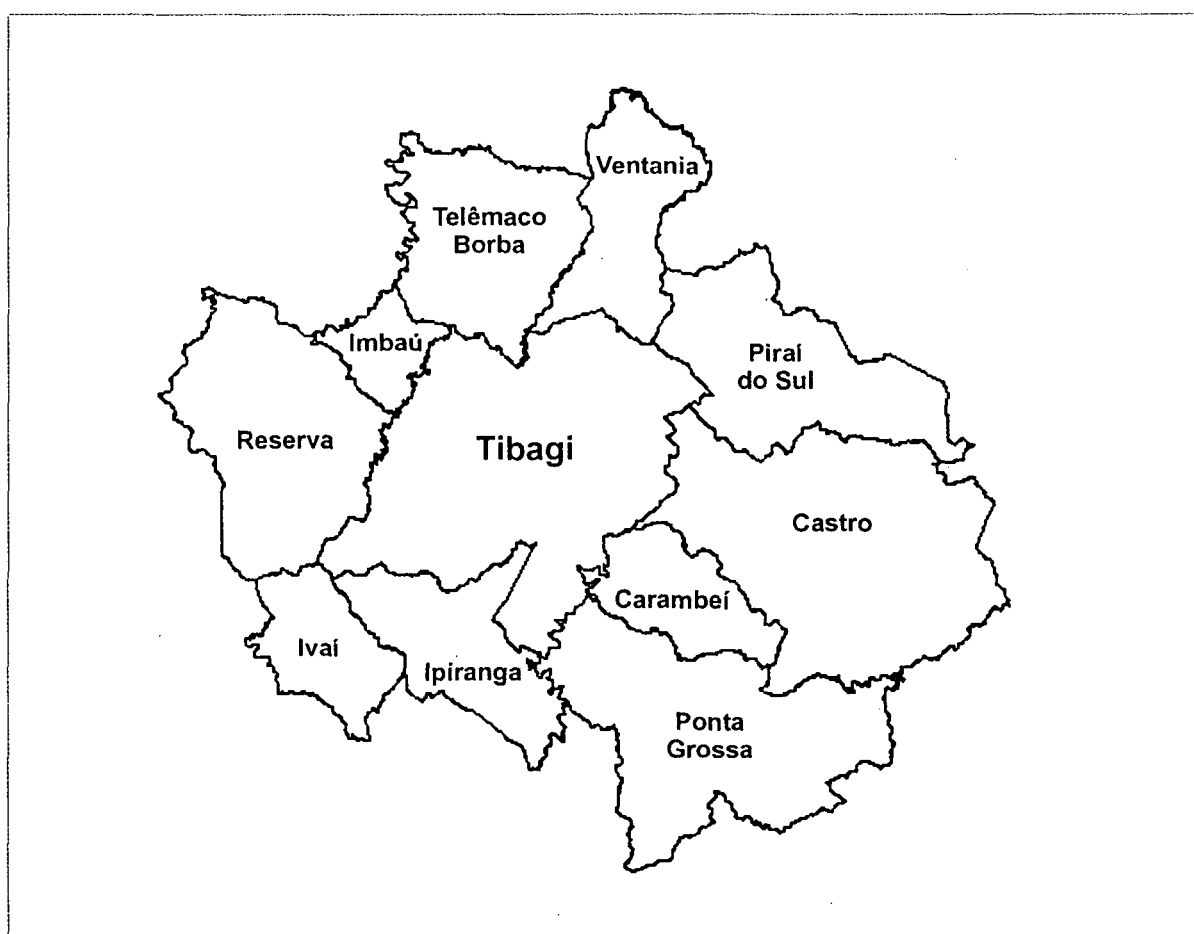
FONTE: ADAPTADO DE UEPG (2002)

3.1.2 Aspectos Gerais

O município de Tibagi está inserido nos Campos Gerais do Paraná. Sua

área atual é de 3.105,08 km², sendo o maior município do Estado em extensão territorial. Está localizado na região Centro Sul do Estado, no Segundo Planalto Paranaense, a oeste da Escarpa Devoniana. De acordo com a figura 4, limita-se com os municípios de Telêmaco Borba e Ventania ao Norte, a Leste com os municípios de Pirai do Sul, Castro e Carambeí, ao Sul com Ponta Grossa e Ipiranga; e ao Oeste com Ivaí, Reserva e Imbaú (TIBAGI, 2002a; TIBAGI, 2002b). A cidade de Tibagi está localizada à margem esquerda do Rio Tibagi, com coordenadas geográficas aproximadas de 24° 30' 49,5" de Latitude Sul, 50° 24' 55" de Longitude Oeste, e situada a 732 metros acima do nível do mar (MAACK, 1968).

FIGURA 4: DIVISAS DO MUNICÍPIO DE TIBAGI.



FONTE: ADAPTADO DE IAP (2002).

A população de Tibagi é de 18.471 habitantes, divididos entre 8.170 residentes na zona rural e 10.301 na zona urbana. Com um Produto Interno Bruto (PIB) equivalente a U\$54.271.217,25 e um PIB *per capita* de U\$3.229,28, o município ostenta uma economia baseada fundamentalmente na agropecuária (45,18%), na indústria (1,41%) e nos serviços (53,40%). Estão registrados no município 145 estabelecimentos comerciais varejistas, 6 atacadistas e 29 prestadores de serviço. Com 31 estabelecimentos registrados, as indústrias dominantes são de papel e papelão, bebidas e madeira. O município faz parte da AMCG, Associação dos Municípios dos Campos Gerais. (PARANACIDADE, 2002).

A pecuária e, principalmente, a produção agrícola seguem modernas técnicas, como a do plantio direto. As atividades econômicas de maior expressão são: minifúndios (piscicultura, apicultura, criação de bicho da seda e aves); garimpo; pecuária (gado bovino de corte e leite, eqüinos, suínos, e caprinos); agricultura (latifúndios altamente produtivos de soja, milho, trigo, melância e feijão); artesanato; indústria (beneficiamento de cereais, indústria de carne e subprodutos, produção de sementes, fábricas de polvilho, móveis, papel e papelão); setor terciário básico; e o turismo (TIBAGI, 2002a).

A cidade de Tibagi apresenta um padrão urbano de alta qualidade que termina imediatamente na borda de campos agrícolas, sendo possível avistá-los de suas ruas centrais. Como características referenciais, possui uma estética urbana agradável, com casas com um bom acabamento, seguindo um padrão arquitetônico uniforme e muitos edifícios históricos, como a prefeitura, a biblioteca e o museu. A cidade é calçada com pedras, bem ajardinada, relativamente arborizada e tradicionalmente limpa (ITAYTYBA, 2002).

O decreto estadual n.º. 1.231 de 30 de março de 1992, criou a Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, considerando os aspectos históricos,

culturais e cênico-paisagísticos regionais, com o intuito de proteger a vegetação de campos e ecossistemas associados, abrangendo uma superfície aproximada de 395.000 hectares, constituindo a maior área natural protegida por lei estadual. Os Parques Estaduais de Vila Velha, Guartelá, Cerrado e Gruta do Monge, estão inseridos na abrangência desta Unidade de conservação (ROCHA *et al*, 1993). No perímetro do município encontram as seguintes unidades de conservação⁶: Horto Florestal Geraldo Russi, com uma área de 130,8 ha, criada em 1965; a Reserva Florestal do Córrego da Biquinha, com 25,0 ha, de 1994; e o Parque Estadual do Guartelá, criado em 1992, com 4.396,95 ha (RODONORTE, 1998).

Também está localizada no município, a Reserva Ecológica Itaytyba – RPPN (Reserva Particular de Patrimônio Natural), numa área de 1.090 hectares destinados a assegurar a preservação dos ecossistemas típicos, da beleza dos *canyons*, cachoeiras e das insinuantes formações rochosas, através da geração e promoção de conhecimentos científicos e tecnológicos para a conservação, produção e utilização de recursos florestais, visando o desenvolvimento sustentável em benefício do meio ambiente e da sociedade. Situada às margens do rio Iapó e do *Canyon* Guartelá, a reserva é vizinha do Parque Estadual do Guartelá e parte integrante da Fazenda Santa Lídia do Cercadinho, distando 41 Km da cidade de Tibagi, com acesso pela rodovia BR 153 – Transbrasiliana, em direção à Ventania (ITAYTYBA, 2002).

3.1.3 Aspectos Históricos

Desde os primeiros anos da descoberta do Brasil, a região do Tibagi foi cortada, em todas as dimensões por aventureiros e expedicionários, tornando-se

⁶ Unidades de Conservação: São porções do território nacional, incluindo águas territoriais, com características naturais de relevante valor, de domínio público ou propriedade privada, legalmente instituídas pelo Poder Público com objetivos e limites definidos e sob regimes especiais de administração, às quais aplicam-se garantias adequadas de proteção (IBAMA, 1989, *apud* RODONORTE, 1998).

via de comunicação entre Paraguai, Guairá, Vila Rica e São Paulo. Cabeza de Vaca, administrador das províncias espanholas do Rio da Prata que tinha também a incumbência de reconhecer o interior das terras que, pelo Tratado de Tordesilhas, pertenciam a Castela, foi um dos primeiros europeus a marcar presença na região. Os Jesuítas, também com destino às regiões do Guairá, elegeram o Alto Tibagi para exercitar sua missão apostólica. Por duas décadas estas regiões estiveram sob domínio dos padres. Nesse período mais de cem mil indígenas foram reunidos em suas reduções e aldeamentos, onde foram doutrinados a realizar tarefas como estradas, confeccionar tijolos e telhas. A chegada das bandeiras paulistas, destruíram as missões jesuítas, aprisionaram os índios e os levaram para serem comercializados como escravos nas capitanias do norte (IAP, 2000).

A partir do século XVIII, com o deslocamento de tropas de muares e gado de abate provenientes do Rio Grande do Sul para os mercados de São Paulo e Minas Gerais, os campos naturais da região dos Campos Gerais tornaram-se muito disputados. Nessa época a coroa portuguesa começou a expedir cartas de sesmarias em favor de homens de prestígio político local. O ciclo do tropeirismo, que se estendeu ao início do século XX, ainda hoje tem grande influência na cultura e costumes dos Campos Gerais do Paraná e região do Guartelá, cuja população preserva muitos hábitos herdados dos tropeiros, em sua maioria de origem gaúcha (MELO, 2000).

A luta na região era motivada pela busca do ouro. A história do garimpo no rio Tibagi é cheia de aventuras, crimes, fortunas passageiras e fatos políticos. Na época, o rio era conhecido como El-Dourado, por revelar grandes riquezas em ouro e diamantes (TIBAGI, 2002a; BBP, 1979). Não obstante haver sido uma das riquezas do município a mineração ou garimpagem de diamantes, sempre foi predominante a atividade agropastoril, aplicada de forma rudimentar e rotineira na sua maioria. Quando se desenvolveu e generalizou no estado o processo de

industrialização da madeira, mediante o aproveitamento de suas essenciais mais nobres – pinheiro, imbuia, cedro, peroba, canela, etc. – o município também esteve envolvido nessa economia, toda ela de efeito eminentemente predatório, que ainda mais se agravou com sucessivos incêndios florestais (BPP, 1979).

Antes dos desmembramentos de seu território, de onde surgiram algumas dezenas de municípios no centro e norte do Estado, as lavouras envolviam a cultura de cereais e café. A pecuária do município como, aliás, a dos Campos Gerais, na sua integralidade, não prevaleceu e acabou sendo superada pelas lavouras intensivas e extensivas. A implantação de poderosa indústria papelreira na região incentivou o florestamento e reflorestamento, com prevalência de espécies exóticas, que são favorecidos pelas condições de solo e topografia. Na atualidade, a riqueza econômica municipal está baseada no trinômio Agricultura – Pecuária – Reflorestamento (BBP, 1979).

3.1.3.1 Povoamento e Formação do Município

Há mais de dois mil anos, tribos de índios Tupi-Guaranis e Jes viviam nos Campos Gerais. Tiravam da mata, a caça e dos rios, o peixe necessários à sua sobrevivência. Os primeiros, segundo historiadores, viviam próximos dos rios, tinham conhecimento de navegação e construíam ocas, além de cultivar a terra com milho, mandioca, batata-doce, algodão e fumo. Os Jes, menos desenvolvidos, preferiam viver quase que exclusivamente da caça e da coleta de raízes no interior. Foram estas tribos, no Paraná, responsáveis por boa parte dos costumes hoje praticados, principalmente no que diz respeito à linguagem. Nomes como Tibagi, Iapó, Paraná, Curitiba são do tempo em que eles viviam por estas terras (UEPG, 2002).

A cidade surgiu justamente em função do rio. Na época, os tupi-guaranis

batizaram o rio de *tiba* (muito) *gy* (cachoeiras). A história mostra que os índios viveram na região até o início do século XVII, quando chegaram os padres jesuítas para catequizá-los. A colonização portuguesa não tardou vir. Através de organizações de bandeiras, muitos índios foram caçados e extintos. Anos depois, a região voltou a ser habitadas por outras tribos, os caigangues (TIBAGI, 2002b).

A notícia de que o rio era rico em ouro e pedras preciosas atraiu para a região milhares de pessoas com o pensamento de fácil enriquecimento. Depois das “entradas” dos paulistas, por ali estiveram muitos curitibanos, mas nada se efetivou em termos de povoamento (TIBAGI, 2002a).

Data de 1754 o primeiro documento que trata de Tibagi, legalizando a posse das terras onde hoje se encontra a cidade, em nome de Antonio Machado Ribeiro. Até 1830, tais terras foram habitadas pelos seus herdeiros e familiares, junto com vários moradores mineiros. Em 1836 foi construída a primeira capela, dando conformação ao núcleo habitacional (TIBAGI, 2002b). A partir de então, tem-se o seguinte histórico: o povoado de Tibagi foi elevado à categoria de freguesia através da Lei Provincial n.º 15, de 06 de março de 1846. Pela Lei Provincial n.º 302, de 18 de março de 1872, foi criada a vila de Tibagi, com território desmembrado de Castro, sendo instalada em 10 de janeiro do ano seguinte. Esta foi elevada à categoria de cidade através da Lei Estadual n.º 259, de 27 de dezembro de 1897, cuja instalação deu-se nesta mesma data (BBP, 1979). Até 1931, o garimpo foi o responsável pelo povoamento da região, trazendo pessoas de vários estados do Brasil. Com o passar dos anos se somaram à cultura do município diversas etnias: portugueses, alemães, poloneses, italianos, holandeses, entre outras, compondo a união do Tibagi contemporâneo (TIBAGI, 2002b).

O município de Tibagi sempre foi um dos maiores do Estado. Devido à sua extensão, limitava-se ao norte com o Estado de São Paulo pelo rio Paranapanema, a oeste com o Estado de Mato Grosso pelo rio Paraná, e ao sul com o município de

Guarapuava. Primeiramente, em 1897, perdeu grande parte de seu território para a formação do município de Jataí, cuja área hoje forma 17 municípios do Paraná. Em março de 1921, sofreu desmembramento com a criação do município de Reserva. Posteriormente, desmembraram-se os municípios de Ortigueira, em 1951 e Telêmaco Borba, em 1964. Por último, em 1990, houve a emancipação do distrito de Ventania (TIBAGI, 2002a).

Atualmente a divisão administrativa do município é composta do distrito sede, ou seja, a cidade de Tibagi, e dos distritos de Caetano Mendes e São Bento do Amparo.

3.1.4 Aspectos Geográficos

As variadas atividades humanas que foram se estabelecendo ao longo do tempo na região vêm redesenhando a paisagem dos Campos Gerais, modificando e acrescentando inúmeros componentes paisagísticos ao cenário original. Desde o início da ocupação humana, a vegetação vem sendo alterada através de queimadas, desmatamentos para construções de estradas, habitações, reflorestamentos, agricultura, pecuária, etc, acentuando regionalmente a degradação ambiental.

Genericamente, segundo MAACK (1968), a região dos Campos Gerais do Paraná é uma zona fitogeográfica marcada pela presença de solos rasos e pouco férteis derivados de arenito, com característica vegetação de campos limpos.

A seguir, são expostos os aspectos geográficos mais significativos da região de estudo.

3.1.4.1 Geologia

São cinco as zonas naturais do Estado do Paraná: o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro, o Segundo e o Terceiro Planaltos (PARANÁ, 2002).

Genericamente, o Estado pode ter sua geologia dividida em três grandes compartimentos. O primeiro, que se estende do litoral até a escarpa de São Luiz do Purunã, que inclui sedimentos recentes no litoral e rochas cristalinas muito antigas, que formam a Serra do Mar e todo o relevo acidentado do Vale do Ribeira até o limite sul do Estado, correspondendo ao Primeiro Planalto. O segundo compartimento, onde predominam as rochas sedimentares, limitado pelos municípios de Antonio Olinto ao Sul e Siqueira Campos ao Norte, corresponde ao Segundo Planalto Paranaense, (que se estende da Serra de São Luiz do Purunã até a Serra da Boa Esperança). O último compartimento coincide com o Terceiro Planalto, indo da Serra da Boa Esperança ao Rio Paraná, é constituído predominantemente de lavras de composição basáltica, cuja composição origina as Terras Roxas, com exceção da parte Noroeste do Estado, ocupado pelos arenitos da Formação Caiuá (MINEROPAR, 2001).

As rochas que abrangem o Segundo e Terceiro Planaltos Paranaenses pertencem a Bacia do Paraná, que se estende pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, com uma área de cerca de 1.700.000 Km². Esta Bacia encontra-se preenchida por rochas sedimentares e ígneas, intrusivas e extrusivas, com idades que se estendem do Devoniano ao Cretáceo (MINEROPAR, 2001).

Na seqüência de deposição, ou seja, das rochas mais antigas para as mais recentes, tem-se as formações Furnas e Ponta Grossa, que são constituídas de arenitos grosseiros, finos, e folhelhos marinhos de coloração variada: cinza claro, amarelado, alaranjado, cinza-escuro, violáceo, acastanhado, avermelhado, etc. (MINEROPAR, 2001). A Formação Furnas é constituída predominantemente por arenitos médios a grossos de coloração clara, relativamente homogêneos, feldspáticos e/ou caulínicos no pacote basal, com grãos angulosos a subangulosos. A típica coloração clara é devida à presença da caulinita e illita como ligantes dos grãos

de quartzo e feldspato (RAMOS e FORMOSO⁷, *apud* MELO, 2000).

A seguir, vêm as formações do Grupo Itararé, do período Permiano, com sedimentos originados por processos sedimentares ocorridos em ambientes marinhos e continentais, com forte influência glacial. As litologias encontradas desse grupo são arenitos finos a grosseiros, esbranquiçados e amarelos, também argilitos de coloração amarelo e rosa. Encontram-se ainda seixos e blocos de quartzitos, granitos e gnaisses, resultantes da atividade glacial à época da sedimentação. Ainda no Permiano, em sua parte média, tem-se a Formação Rio Bonito, com sedimentos fluvio-deltaico e a Formação Palermo, constituída de siltitos e folhelhos marinhos. Na porção superior do Período Permiano, tem-se as formações Irati, Serra Alta e Teresina, todas com sedimentos finos de origem marinha. Seqüencialmente, nos períodos Jurássico e Triássico, tem-se a Formação Pirambóia, formada por arenitos de origem fluvial e areais litorâneas, a Formação Botucatu, com arenitos de origem eólica, e a Formação Serra Geral, formada por derrames de lavas, principalmente basaltos (MINEROPAR, 2001).

O eixo do Arco de Ponta Grossa, uma importante estrutura de direção NW-SE da Bacia do Paraná, é um arqueamento na forma de alto estrutural com eixo inclinado para NW, ativo desde o Paleozóico, mas palco de intensa atividade tectônica, sobretudo no Mesozóico. Nesta época, os movimentos verticais ao longo do arqueamento atingiram seu apogeu, e profundas fraturas longitudinais deram passagem ao magma formador dos extensos derrames da Formação Serra Geral, que aparecem no Terceiro Planalto Paranaense, na porção oeste do Estado. O Arco de Ponta Grossa é considerado um ramo abortado de junção triplíce durante a fragmentação do Gondwana e origem do Atlântico Sul (MELO, 2000).

A zona principal de efusão das lavas basálticas, que representam a

⁷ RAMOS, A. N.; FORMOSO, M. L. L. Clay mineralogy of the sedimentary rocks of the Parana Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, mar 1976, v.6, n.1, pg 15-42. São Paulo: SBG.

formação Serra Geral, situa-se ao longo do Arco de Ponta Grossa, e pode ser identificada no Mapa Geológico do Estado pelo enxame de diques que ocorrem na direção geral N 45° W. Os diques possuem considerável extensão (1 a 50 Km) e pequena espessura (20 a 50 m), e são espaçados a intervalos de aproximadamente 500 metros. Ocorrem também extensas soleiras (ou *sills*) intrusivas entre as camadas sedimentares, em diversos níveis estratigráficos (MINEROPAR, 2001). Os diques aparecem na forma de corpos tabulares paralelos verticalizados e ocorrem até 20 diques numa faixa de 4 km de largura, constituindo um dos mais notáveis exemplos de enxames de diques do Brasil (MELO, 2000).

No final da deposição da Bacia do Paraná, no período cretáceo, tem-se principalmente arenitos de origem fluvial e eólica, que ocorrem no noroeste do estado.

Na região de Tibagi é marcante a presença de inúmeras formações geológicas constituídas predominantemente de arenitos, oriundos de um período sub-glacial do Devoniano Inferior. Agentes diversos têm trabalhado profundamente nesses arenitos, ensejando o aparecimento de blocos isolados que adquirem curiosas conformações (afloramentos runíformes), muitas semelhantes a figuras de animais, objetos, entre outras. Tais afloramentos são semelhantes aos encontrados no Parque Estadual de Vila Velha (Ponta Grossa, PR), porém menores e mais abundantes. Além disso, essa longa faixa arenítica é marcada por numerosas lapas e blocos rochosos, com paredes verticais ou transversais onde, comumente, surgem grutas, abrigos e patamares resultantes da ação de agentes degradadores. (ITAYTYBA, 2002). As estruturas rúpteis (falhas, fraturas e diques associados), os diferentes litotipos do Arenito Furnas, bem como suas estruturas sedimentares (estratificações planoparalelas e cruzadas) contribuem para elaborar formas bizarras esculpidas pelos agentes intempéricos, originando relevos runíformes característicos. As rochas que aparecem no embasamento da Bacia do Paraná na região do *canyon* do

Guartelá são incluídas no Grupo Castro (Ordoviciano), compreendendo rochas vulcânicas (riolitos, andesitos), piroclásticas (cineritos, lapíli), terrígenas (conglomerados, arcóseos, siltitos, argilitos) e brechas vulcânicas intercaladas, tectonicamente muito deformadas, freqüentemente verticalizadas (MELO, 2000).

3.1.4.2 Relevo e Geomorfologia

MAACK (1968), baseando-se na posição das escarpas, vales de rios e divisores de água, assim como no caráter fisiográfico unitário da paisagem, dividiu o Estado do Paraná em Zonas de Paisagens Naturais, evidenciando, *a priori*, duas grandes divisões para o Estado: o litoral e os planaltos do interior, o último subdividido em Primeiro, Segundo e Terceiro planaltos. O segundo Planalto Paranaense está limitado a leste pela escarpa Devoniana com altitudes de 800 a 1.200 metros. Exibe relevo suave-ondulado, constituído por sedimentos paleozóicos do devoniano, carbonífero e permiano. A oeste limita-se com o Terceiro Planalto Paranaense através da Serra da Boa Esperança ou Serra Geral.

Os níveis de declive do Segundo Planalto são muito caracterizados pelos profundos cortes na escarpa conhecidos por boqueirões (*canyons*). Genericamente a topografia é acidentada, com altitudes acima de 800 m, vales mais fechados, partes altas com relevo suave ondulado, alta susceptibilidade à erosão. O *canyon* do Guartelá é a transposição da Escarpa Devoniana (uma escarpa de *cuesta*) pelo Rio Iapó, um rio antecedente cujo ancestral deve remontar ao Jurássico, época do último grande soerguimento do Arco de Ponta Grossa. Os cumes mais elevados da Escarpa Devoniana nas proximidades do Guartelá atingem 1.279 m. Na área do Parque Estadual do Guartelá, o desnível entre o leito do rio e os topos da escarpa é da ordem de 400m (MELO, 2000).

O escarpamento Estrutural Furnas constitui uma feição geomorfológica

contínua, de cerca de 260 Km de extensão, alongando-se entre o sul do estado de São Paulo e a porção oriental do Paraná. Situa-se no limite dos compartimentos regionais de relevo denominados Patamares da Bacia do Paraná e planalto do Paranapiacaba. A linha de escarpa é muito irregular, apresentando um padrão festonado, devido aos recortes em anfiteatros profundos, cortados por rios que formam *canyons*. As altitudes de topo da escarpa são bastante regulares e estão sempre em torno de 1.100 e 1.200 metros. Da mesma forma, as amplitudes também variam pouco ao longo de todo escarpamento, entre 100 e 200 metros, proporcionando a exposição completa da seqüência sedimentar da Formação Furnas. O exuberante e contínuo ressalto topográfico do escarpamento torna-o facilmente identificável em imagens de satélite e radar, fotografias aéreas e mapas topográficos (MINEROPAR, 2001).

De maneira geral, o relevo do município de Tibagi é caracterizado por planícies com ondulações suaves. A Oeste os terrenos são mais acidentados mostrando escarpas abruptas e relevo de chapadas. As principais serras são: a Serra da Taquara (divisa com Castro), Serra dos Macacos (divisa com Ivaí), Serra do Facão (divisa com Reserva, Imbaú e Telêmaco Borba) e Serra do Roncador, onde se encontra o pico da Pedra Branca, com 1.044m de altitude (TIBAGI, 2002a).

Na região existem abrigos que apresentam pinturas em paredes, em excelente estado de conservação. As figuras pintadas representam as caçadas e pescarias dos grupos humanos que viveram na área em épocas pré-históricas. Estas pinturas são componentes de sistemas de comunicação de diferentes sociedades que ocuparam a zona desde há, pelo menos, 50.000 anos. A única cor utilizada é o vermelho, obtido do óxido de ferro triturado e diluído em água (ITAYTYBA, 2002).

3.1.4.3 Solos

No município de Tibagi, os principais tipos de solos encontrados estão intimamente relacionados aos tipos de rocha e ao relevo da região. Nas regiões onde afloram arenitos encontra-se o latossolo vermelho-escuro álico⁸, de textura média, em campo suavemente ondulado e com vegetação de campo subtropical. O solo litólico álico⁹ e o cambissolo álico¹⁰ de textura arenosa, recobrem terrenos de relevo suave ondulado e campo subtropical. Nas escarpas ocorre o solo litólico álico e cambissolo álico, com textura argilosa, típico de terrenos montanhosos e fortemente ondulados. Sobre os granitos, o solo predominante é o podzólico álico¹¹, vermelho-amarelo, de textura argilosa, em relevo forte ondulado e vegetação original de floresta subtropical. Onde afloram folhelhos, ocorrem o latossolo vermelho-escuro álico e o cambissolo álico, com textura argilosa, sobre relevo ondulado e campos subtropicais. Na região onde afloram rochas basálticas, a cobertura é de latossolo distrófico roxo, com textura argilosa, onde o relevo é ondulado a suavemente ondulado (MINEROPAR, 2001).

Na área do Parque Estadual do Guartelá apresentam-se duas associações básicas de solos das Unidades de Mapeamento e Afloramento de Rochas:

- Ra19 – Associação SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS com horizonte
A proeminente, textura média, fase campo subtropical relevo

⁸ Latossolo álico: solo argiloso, avermelhado, profundo e com horizonte B bem desenvolvido, rico em alumínio e argilas ativas (carater álico) (MINEROPAR, 2001).

⁹ Solo litólico álico: solo imaturo e pouco espesso, rico em fragmentos da rocha matriz e em argilas quimicamente ativas (carater álico) (MINEROPAR, 2001).

¹⁰ Cambissolo álico: solo constituído por material mineral, que apresenta horizonte A com espessura de até 40 cm, seguido de horizonte B incipiente, mais rico em Al e argilas quimicamente ativas (carater álico) (MINEROPAR, 2001).

¹¹ Solo podzólico álico: terra roxa com horizontes e subhorizontes bem desenvolvidos, rico em argilas quimicamente ativas (carater álico) (MINEROPAR, 2001).

ondulado substrato arenitos + AFLORAMENTOS DE ROCHA (arenitos) e relevo escarpado em substrato arenito.

- Ca39 – Associação CAMBISSOLO ÁLICO Tb, textura média + solos LITÓLICOS ÁLICOS, textura arenosa ambos com horizonte A proeminente fase campo subtropical relevo ondulado de vertentes curtas, substrato arenitos + Solos Orgânicos Álicos, fase campo substrato relevo plano a suave ondulado.
- Ar1 – AFLORAMENTO DE ROCHAS, arenitos da Formação Furnas, Devoniano Inferior, relevo suave ondulado a formas montanhosas e escarpadas.

As características morfológicas destes solos restringem-se praticamente as do horizonte A, cuja espessura normalmente varia entre 15 e 40 cm. A cor, textura, estrutura e consistência dependem da natureza da rocha máter. Abaixo do horizonte A ocorrem “calhaus e pedras”, ou ainda, materiais semi-alterados das rochas em mistura com material deste horizonte (LARACH¹² *et al.*, *apud* NOGUEIRA, 2001). Embora, tenham boa fertilidade, seu uso é inviável para lavouras, bem como para mecanização. São intensamente erodidos após a retirada da floresta nativa. Ocorrem em relevo fortemente ondulado ou montanhoso onde deveria ser conservada a cobertura florestal. Em ambas associações, as condições são inaptas para a agricultura, sendo mais adequada para a silvicultura em manchas e pastoreio extensivo devido à baixíssima capacidade de suporte aos animais (NOGUEIRA, 2001).

Os Solos Litólicos compreendem solos minerais rasos, pouco desenvolvidos, que possuem espessuras de 20 a 80cm. Abrangem desde solos com

¹² LARACH, J.O.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. de; HOCHUMULLER, D. P.; MARTINS, J. S.; RAUEN, M. J.; FASOLO, P. J. Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1984.

horizonte A diretamente sobre a rocha, até solos com horizonte B relativamente desenvolvido, porém pouco espessos. Em geral, possuem pouca evidência de desenvolvimento de horizontes pedogenéticos. Os Solos Álicos são solos extremamente ácidos, com elevados teores de alumínio trocável e baixa reservas de nutrientes.

A topografia acidentada, solos rasos e substrato arenítico resultam em alta susceptibilidade à erosão, ou seja, qualquer manejo intensivo provoca forte desagregação. Essas características identificam a fragilidade e limitações na ocupação e uso dos solos. Somente na década de 80 intensificou-se adoção de tecnologias, por alguns produtores, como plantio direto, manejo integrado de solos, amenizando os efeitos negativos da mecanização intensiva (NOGUEIRA, 2001).

3.1.4.4 Hidrografia

A divisão hidrográfica no Estado do Paraná consiste em duas bacias principais de desagüamento, a do Atlântico e a do Paraná-Platina, esta com 186.320 km², para onde corre a maioria dos rios de planaltos do interior (MAACK, 1968).

A Bacia do rio Tibagi está entre as maiores bacias hidrográficas do Estado do Paraná, com uma área total de 24.530 km². Localizada na porção centro leste do Estado, apresenta uma paisagem bem variada, composta por inúmeros ambientes. A nascente do rio Tibagi está localizada no município de Palmeira a 1.150 m de altitude. O fluxo da água toma direção norte indo desembocar na Usina Hidroelétrica de Capivara, da Companhia Energética de São Paulo (CESP), no rio Paranapanema (23° 01' 12" S, 50° 38' 07" W), 550 Km depois. Este desnível caracteriza um rio de forte correnteza, origem de seu nome indígena (rio de correnteza), e encaixado em seu leito. Um total de aproximadamente 65 tributários diretos e 1200 pequenos riachos compõem a rede hidrográfica do rio Tibagi. O

ponto culminante da bacia do rio Tibagi, no entanto, está a aproximadamente 1200 metros de altitude, na região dos Campos Gerais, município de Castro. Desta região há um desnível a oeste e norte até atingir a faixa dos 300 metros de altitude, próximo à confluência com o rio Paranapanema (UEL, 2002).

O Rio Tibagi é o maior e principal rio do município de Tibagi, característico de planalto, com muitas cachoeiras e corredeiras, não sendo, portanto, navegável em todo seu curso. Corta o município do extremo sul ao extremo norte, e apresenta vários afluentes, entre os quais destacam-se: Rio do Sabão, Arroio da Ingrata, Rio Iapó, Rio Faisqueira, Rio Bitumirim, Arroio da Barrinha, Rio Capivari, Rio Santa Rosa, Rio Conceição e Rio Imbaú (TIBAGI, 2002a).

O Rio Iapó, topônimo derivado do guarani que significa rio do vale ou do pântano (SAINT-HILAIRE¹³, *apud* NOGUEIRA, 2001), é afluente da margem direita do Tibagi, também não navegável, e possui grande número de cachoeiras. Forma o *Canyon* do Guartelá, sexto maior do mundo em extensão, com cerca de 32 Km (TIBAGI, 2002a).

O padrão da rede de drenagem na região do *Canyon* do Guartelá é nitidamente retangular, com os trechos retilíneos mais longos orientados segundo NW-SE (MELO, 2000).

3.1.4.5 Clima

O clima do Estado do Paraná é dividido em dois regimes: o tropical que domina o Norte, Oeste e Litoral com temperaturas médias de 22° C, e o subtropical ou temperado nas regiões do Centro-Sul, com temperaturas médias de 22°C e 10°C (PARANÁ, 2002).

De acordo com a latitude, a maior parte do Estado do Paraná situa-se na

¹³ SAINT-HILAIRE, A. Viagem a Curitiba e Província de Santa Catarina. São Paulo: Livraria Itatiaia Editora, 1978.

zona subtropical, entre 23° 27' e 26° 47' S. Uma parte menor ao norte do Trópico de Capricórnio avança diretamente para dentro da zona matemática de irradiação tropical, alcançando 22° 30' S, ocorrendo, então, incidência perpendicular dos raios solares sobre o norte do Estado. Tal fenômeno serve como fator limitante para variar as correntes de ar que determinam as épocas do ano no Paraná. Não obstante, muitos outros fatores influem no clima do Estado, sendo a de algumas regiões (leste, norte pioneiro) determinadas pelo oceano, não permitindo um clima puramente continental, embora na localidade de Tibagi a oceanidade seja baixa (MAACK, 1968).

O relevo local da região de Tibagi é outro fator que muito contribui para formação de clima regional resultando nas duas classificações de W. Koeppen – Cfa e Cfb, que por suas características tem forte ação sobre os solos e vegetação (NOGUEIRA, 2001). As duas classificações dizem respeito a clima subtropical úmido, mesotérmico, quente temperado, sem estação seca:

- Cfa – verão quente com mês mais quente $>22^{\circ}\text{C}$, mês mais frio $<18^{\circ}\text{C}$, geadas pouco freqüentes, concentração de chuvas no verão.
- Cfb – verão quente com mês mais quente $<22^{\circ}\text{C}$, mês mais frio $<18^{\circ}\text{C}$; geadas severas.

Segundo MAACK (1968) a temperatura média anual para Tibagi ($18,6^{\circ}\text{C}$) encontra-se acima das observadas para Ponta Grossa, Castro e Jaguariaíva. Nas zonas mais baixas estima-se apenas três geadas noturnas anuais. A amplitude anual de 10°C é condicionada pela situação topográfica e pela posição limítrofe entre duas zonas climáticas. A variação média diária não periódica observada é de $10,5^{\circ}\text{C}$. Predominam relações normais entre a porcentagem dos ventos da região equatorial quente de pressão baixa com seus ciclones migratórios e o ar frio dos anticiclones meridionais.

Observa-se para Tibagi que não há estação seca definida, sendo os meses

de inverno menos chuvosos, com a pluviosidade variando entre 50 e 125 mm. O maior índice pluviométrico corresponde aos meses de verão, variando entre 100 e 300 mm, somando 1400 a 1600 mm de chuva no decorrer de um ano. A Escarpa Devoniana atua como barreira de massas de ar, provocando concentração de chuvas, sendo que nas altitudes acima de 600m chove de 1200 a 1600 mm anuais. A umidade relativa do ar, média de 80 – 85%, é outro elemento de forte influência na definição climática com as conseqüências sobre o meio. Os ventos predominantes e constantes são de Leste, e nos meses mais frios ocorre alta nebulosidade no período da manhã (NOGUEIRA, 2001).

De maneira geral, o clima de Tibagi é temperado, com ausência de estação seca, invernos rigorosos com precipitação de geadas fortes e verões frescos (TIBAGI, 2002a).

3.1.4.6 Vegetação

A paisagem botânica é constituída de campos limpos, quebrados pela presença de vegetação típica do cerrado e matas ciliares ou de galeria, com espécies florísticas de porte elevado emaranhadas em diversas espécies de cipós, samambaias e xaxins, além de uma grande variedade de fungos e líquenes. Entre as árvores encontradas estão o Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), o ipê amarelo (*Tabebuia alba*), guamirins, a cerejeira (*Amburana cearensis*), a canela (*Nectandra oppositifolia*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), o tarumã (*Vitex coligama*), a figueira (*Ficus guaranitica*), além de algumas variedades de cactos, vegetação típica da região da caatinga, e imbuia (*Ocotea porosa*) e cambaús, característicos de banhados. A flora da região é de grande importância, pois abrange espécies características de diferentes biomas como a Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (ITAYTYBA, 2002).

A vegetação nativa apresenta além das áreas de campos de gramíneas, com ocorrência de matas ciliares ou de galerias ao longo dos cursos d'água, bosques de coníferas esparsos. As pastagens naturais e cultivadas ocupam grande parte do território municipal. Ocorrem também bosques de florestamento e reflorestamento de árvores exóticas do gênero *pinus* e eucalipto (TIBAGI, 2002a).

ZILLER¹⁴, *apud* NOGUEIRA (2001), divide as formações vegetais encontradas no Parque Estadual do Guartelá (PEG) em:

A) Estepe (formações campestres) - os campos, tecnicamente denominados estepes, constituem a fisionomia predominante no PEG, interrompidos por manchas de vegetação arbórea. As encostas estão cobertas por vegetação herbáceo-arbustiva entremeada por afloramentos rochosos e ocasionais árvores e arvoretas de aspecto xérico. A quantidade de afloramentos varia conforme a posição no relevo, sendo mais freqüentes nas encostas. Os campos limpos, por sua vez, ocorrem nos topos das encostas, enquanto os campos úmidos desenvolvem-se onde há acúmulo de água em função dos Solos Litólicos. As Estepes compreendem diversas formações campestres, subdividindo-se em:

- Campos com afloramentos rochosos - dominam a fisionomia do Parque, cortados por grotas cobertas de florestas com Araucária, formações rochosas altas e árvores esparsas distribuídas na paisagem. A gramínea de maior abundância, que caracteriza fisionomicamente esse ambiente, é *Aristida jubata*, que ocorre em tufo grandes junto a outras plantas de porte herbáceo, sub-arbustivo e arbustivo. A diversidade florística é superior à existente nos outros ambientes do Parque, principalmente em locais livres de pressão antrópica.

¹⁴ ZILLER, S. R. Diagnóstico Ambiental dos Campos Gerais na região de Ponta Grossa. Curitiba, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- Campos limpos - agregam muitas espécies que ocorrem também nos campos com afloramentos rochosos, excetuando-se as plantas rupícolas. Não é grande sua área de ocorrência no Parque, afetada pela conformação do relevo e caracterizada por topos planos, declives suaves e encostas íngremes.
- Campos úmidos - constituem pequenas extensões em vários pontos, onde se acumula água, por vezes próximo a córregos, outras vezes em manchas no campo com afloramentos rochosos.
- Vegetação das formações rochosas - Os paredões de arenito são deslizamentos nas encostas que originaram rupturas expondo a rocha de origem, formando paredões úmidos, lisos e escuros, colonizados por poucas plantas, em geral herbáceas ou sub-arbustivas, além de líquens e musgos. Comum em todas as formações rochosas do PEG, *Tillandsia* sp. (bromélia) também pode ser vista nesses ambientes.
- Também no Parque Estadual do Guartelá são vistos muito comumente blocos de arenitos erodidos por chuva e vento, formando platôs em destaque na paisagem campestre. Nas fendas e linhas de ruptura há buracos e reentrâncias onde se acumula água, areia do desgaste das rochas, matéria vegetal em decomposição e outros materiais carreados ocasionalmente. Nesse micro-ambiente crescem líquens crustáceos verde-pálidos. Ocorrem ainda bromélias como a *Aechmea distichantha*, de espata rosada e flores roxas, *Dyckia tuberosa*, com roseta dura e flores alaranjadas e *Tillandsia* sp., uma bromélia de pequeno porte e flores roxas com brácteas rosadas, muito comum. Entre as orquídeas, foram encontradas

Epidendrum ellipticum, sempre presente, de pequenas flores liláses, e *Bifrenaria harrisoniae*, de flores grandes, liláses com branco. Ainda, aparecem eventualmente *Amaryllis illustris*, lírio de grandes flores vermelhas com branco, *Calea hispida*, *Petunia rupestris* e *Eupatorium multifilum*. A trepadeira *Solanum inodorum* também ocorre nestes ambiente.

B) Formações Florestais - a vegetação arbórea do parque desenvolve-se nas proximidades de nascentes ou cursos d'água, exceto a formação de Savana Parque (cerrado) e algumas árvores isoladas ocorrentes no campo com afloramentos rochosos das encostas. As áreas de Floresta Ombrófila Mista, ou florestas com araucária, estão limitadas a capões ocorrentes no campo, a corredores de floresta acompanhando riachos estreitos que descem as grotas das encostas, desembocando no Rio Iapó e à floresta ciliar ao longo do Iapó, no fundo do *canyon*. A composição dessas florestas sofre influência das outras formações vegetais do Estado, principalmente da Floresta Estacional Semidecídua do norte e da Floresta Ombrófila Densa, ou Atlântica, da faixa litorânea. A predominância florística, entretanto, é sempre de espécies características das formações com Araucária. Por essa razão essas associações vegetais foram enquadradas no âmbito da Floresta Ombrófila Mista Montana, nas encostas, e da Floresta Ombrófila Mista Aluvial sobre Solos Aluviais às margens de cursos d'água, em faixas restritas ao longo dos mesmos.

- Savana Parque (Cerrado) - constatou-se a existência de uma pequena área no Parque Estadual do Guartelá e de manchas esparsas no entorno. Segundo o Projeto RADAM BRASIL, essas manchas enquadraram-se fisionomicamente na categoria de Savana Parque, caracterizada por formações muito abertas, com árvores esparsas, em meio à vegetação herbácea. As árvores têm aspecto retorcido, casca grossa e baixa estatura, compondo o

estrato herbáceo da formação.

- Floresta Ombrófila Mista Montana (capões) - os capões ocorrem normalmente em situações de topo de encosta, onde os solos tendem a ser mais profundos e as rochas, menos expostas, propiciando melhor desenvolvimento radicular. Caracteriza-se nesses casos a Floresta Ombrófila Mista Montana. Os capões apresentam, em geral, formas arredondadas, pois a expansão florística irradia-se de um centro, normalmente uma cabeceira de riacho ou nascente, ou então têm forma alongada, no caso de constituírem prolongamentos de florestas ciliares situadas sobre solos aluviais de extensão restrita. A lista de espécies mais comuns nesses capões inclui a própria *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), *Casearia sylvestris* (cafezeiro-bravo), *Myrcia rostrata* (guamirim-branco), *Sapium glandulatum* (leiteiro), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba), *Cupania vernalis* (camboatá) e *Tabebuia alba* (ipê-amarelo), além de muitas *Myrtaceae* como *Eugenia uniflora* (pitanga), *Eugenia pyriformis* (uvaia), *Myrcia obtecta*, *Myrcia breviramis* e *Myrcia multiflora* (cambuís e guamirins). Arbustos, como *Daphnopsis* sp. (imbira), e herbáceas, como as gramíneas *Homolepis glutinosa* e *Paspalum plicatulum*, *Polygala longifolia* e representantes de *araceae* e *Piperaceae*, compõem o sub-bosque, normalmente aberto em função da declividade acentuada e do pastoreio, ficando o solo bastante exposto e com pouco acúmulo de folhas e matéria orgânica. É freqüente a ocorrência de taquaras finas (*Poaceae*) fechando partes extensas dos capões. Mais próximo ao rio, em altitudes entre 800 e 900

metros, a composição dessas florestas é enriquecida pela influência da Floresta Estacional Semidecídua. Passa a ocorrer em abundância o angico-branco *Anadenanthera colubrina*, alterando a fisionomia da floresta, juntamente a *Lithraea molleoides* (aroeira), de folhas compostas, que também se torna comum.

- Floresta Ombrófila Mista Aluvial (florestas ciliares dos riachos) - nestas formações a composição praticamente não difere dos capões, pois a maior parte da faixa florestada que acompanha os pequenos cursos d'água existentes nas grotas das encostas está situada fora da estreita faixa de Solo Aluvial que margeia a água. Insere-se, assim, a maior parte dessas florestas no âmbito da Floresta Ombrófila Mista Montana, na forma de capões alongados, com exceção das estreitas faixas aluviais que caracterizam a Floresta Ombrófila Mista Aluvial. São características dessas faixas, exclusivamente, *Calliandra* sp. (caliandra), de flores rosa com branco, *Cecropia* sp. (embaúba), de folhas prateadas, *Oreopanax* sp. (embauvarana), *Cyathea* sp. (xaxim-com-espinhos) em quantidade e, raramente, *Dicksonia sellowiana* (xaxim-de-vaso). Marcantes são, mais uma vez, *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), *Lithraea molleoides* (aroeira), *Campomanesia xanthocarpa* (guabirova), *Cupania vernalis* (camboatá) e *Sebastiania commersoniana* (branquilho), típica de florestas de galeria na formação da Araucária, abundante sobre Solos Aluviais. Nos pontos em que há rocha exposta desenvolvem-se plantas herbáceas rupícolas como *Begonia setosa* (begônia), *Commelina* sp., *Peperomia* sp.,

bromélias como as epífitas *Tillandsia usneoides* (barba-de-velho) e *Tillandsia* sp., *Araceae*, musgos e líquens. Uma camarinha prostrada, de flores liláses, *Lantana* sp., é também comum. Observou-se uma palmeira, do gênero *Geonoma*, com porte de 2 a 3 m de altura, característica da Floresta Atlântica. Outras plantas encontradas nesse ambiente são *Cyperus consanguineus*, *Rhynchospora emaciata* e *Utricularia flaccida*, dependentes da umidade dessas depressões.

- Floresta Estacional Semidecídua Aluvial (floresta ciliar do Rio Iapó) - a floresta de galeria do rio Iapó forma uma faixa larga em ambas as margens que se estende durante a maior parte do curso do rio pelo Parque até o início da escarpa, que forma um paredão de pedra alto e contínuo acima do qual começa o campo com afloramentos rochosos. A composição não difere muito daquela dos capões e florestas encontradas nas grotas que acabam no Iapó, com concentração de *Sebastiania commersoniana* (branquilho) sobre a faixa de solo aluvial. Nessa área, a floresta é bastante estreita e encontra-se degradada, diferente da maior porção do Parque, onde a galeria é de mais difícil acesso e está em bom estado de conservação. Por isso *Vernonia discolor* (vassourão-preto), pioneira típica das formações com Araucária, é uma das espécies mais abundantes, além de *Arecastrum rommanzoffianum* (jerivá), *Myrcia* sp., *Myrceugenia* sp. (cambuís), arbustos como *Miconia* sp. e taquara (*Poaceae*), que se desenvolve largamente, aproveitando a descontinuidade do estrato arbóreo. A presença de taquara no sub-bosque é marcante, especialmente onde há maior alteração

por pastoreio ou antigas atividades agrícolas. Também no sub-bosque registrou-se *Sisyrinchium* sp., planta herbácea, *Smilax* sp., cipó lenhoso com espinhos, *Lantana* sp., trepadeira comum, de flores lilás, e arbustos de *Daphnopsis* sp. (imbira).

C) Pastagens plantadas - existe uma área relativamente pequena com espécies forrageiras exóticas plantadas, abaixo do antigo talhão de *Pinus* sp. localizado na área pertencente ao Sr. Urbano P. Martins, até próximo a um desnível rochoso. Nessa área a cobertura graminóide está descaracterizada e completamente degradada em função de pastoreio e queimadas. A diversidade nesse local é muito baixa, ocorrendo espécies indicadoras de degradação como *Senecio brasiliensis* e *Eragrostis bahiensis*, além de cupinzeiros que não são observados nos campos naturais.

D) Uso do solo - em virtude da constituição do solo do Parque Estadual do Guartelá, predomina na região o pastoreio extensivo. O cultivo agrícola apresenta-se inviável, já que a estrutura física da área não suporta o manejo intensivo e, principalmente, o deslocamento de máquinas pesadas. Em alguns locais observam-se grandes plantações basicamente de milho, trigo e soja, mas no geral a agricultura de subsistência é predominante na região. Por outro lado, o plantio de *pinus* é bastante favorável, já que o clima e o solo arenoso propiciam seu desenvolvimento.

3.1.4.7 Fauna

A fauna da região dos Campos Gerais, onde localiza-se o município de Tibagi, é relativamente abundante, sobretudo pela incidência de uma grande variedade de espécies de aves. Entre as aves de presença marcante estão a siriema (*Cariama cristata*), a curicaca (*Theristicus caudatus*), o socó (*Butorides striatus*), o gavião asa-de-telha (*Parabuteo unicinctus*), a gralha azul (*Cyanocorax caeruleus*), a

perdiz (*Rhynchotus rufescens*), tucanos e beija-flores. Mamíferos de pequeno e médio porte também são perceptíveis, como o cateto (*Tayassu tajacu*), a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), a lontra (*Lontra longicaudis*), a cutia (*Dasyprocta aguti*), raposas, a jaguatirica (*Leopardo pardalis*), o bugio (*Alouatta fusca*), macacos, o serelepe (*Sciurus ingrami*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), várias espécies de tatus, veados e tamanduás, entre outros. Outra face expressiva da fauna local é representada pelos insetos e aracnídeos, destacando-se as borboletas, vespas, abelhas melíferas, aranhas, formigas, cupins e cigarras. Também são observadas várias espécies de répteis como lagartos e lagartixas, cobras peçonhentas, como a cascavel (*Crotalus durissus*), a urutu (*Bothrops alternatus*), a jararaca (*Bothrops jararaca*) e a coral (*Micrurus frontalis*), além de espécies não venenosas (ITAYTYBA, 2002).

3.1.4.8 Canyon Guartelá

O Canyon do Guartelá, corretamente designado *canyon* do Rio Iapó, situa-se na porção centro-leste do Estado do Paraná, estendendo-se por cerca de 30 km entre os municípios de Castro e Tibagi, com centro aproximado localizado nas coordenadas 24° 32'S e 50° 17'W (MELO, 2000). O Parque Estadual do Guartelá situa-se na porção central do *canyon*, cerca de 203 km a noroeste de Curitiba, na micro-região geográfica de Telêmaco Borba, no município de Tibagi, Bairro Guartelá de Cima, à margem esquerda do rio Iapó, região dos Campos Gerais, Sul do Brasil. Está inserido na APA - Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, composta por parte dos municípios de Sengés, Jaguariaíva, Piraí do Sul, Tibagi, Castro, Carambeí, Ponta Grossa, Palmeira, Balsa Nova, Campo Largo e Lapa, cujo objetivo visa “assegurar a proteção do limite natural entre o Primeiro e o Segundo Planaltos Paranaenses, inclusive faixa de Campos Gerais, que se

constituem em um ecossistema peculiar que alterna capões da floresta Araucária, matas de galerias e afloramentos rochosos”, conforme consta do Decreto de criação nº 1231/92 (IAP, 2000). Segundo a lenda, o nome Guartelá surgiu da expressão “guarda-te lá, que cá, bem fico”, utilizada por um morador da região ao prevenir seu “compadre” de um ataque indígena.

Descoberto há mais de três séculos pelos tropeiros e exploradores que percorriam a região, o *canyon* do Guartelá foi considerado há 170 anos “um paraíso sobre a Terra” pelo botânico Saint-Hilaire, e hoje é classificado entre os seis maiores *canyons* do mundo. Visto de um avião, o *canyon* se apresenta como uma longa e sinuosa fenda cravada na paisagem ao longo de mais de 30 quilômetros (VEJA PARANÁ, 1991).

O *canyon* é aproximadamente retilíneo, fortemente controlado por estruturas geológicas (fraturas, falhas, diques) de direção NW-SE. Marca a transposição da Escarpa Devoniana pelo rio Iapó, o qual provém do Primeiro Planalto Paranaense, a sudeste, e rompe a escarpa em profunda e longa garganta, para atingir o Segundo Planalto, a noroeste (MELO 2000).

O local apresenta grandes paredões, profundas fendas, sítios arqueológicos e pinturas rupestres de, pelo menos, dois mil anos, muitas delas a céu aberto. Existem ainda bosques de mata nativa, cachoeiras que formam piscinas naturais, corredeiras, fauna e flora típicas da região (DIREÇÃO, 1996). Cascatas de água limpa e cristalina, orquídeas e cactos, pinturas rupestres e esculturas de pedra esculpidas pela própria natureza fazem do Guartelá uma das paisagens mais exuberantes do Paraná (VEJA PARANÁ, 1991).

3.1.4.9 Uso do Solo

O início da ocupação humana dos Campos Gerais é datado de 1280 a.C.

Caçador e coletor, o indígena que habitava esta área deixou gravado nas paredes das lapas, comuns na região, pinturas e desenhos rupestres (BLASI¹⁵, *apud* ROCHA *et. al.*, 1993). O equilíbrio do meio natural dos campos Gerais é quebrado com as primeiras incursões de europeus através deste território. A introdução do Sistema de Sesmarias no Brasil contribui para a ocupação do espaço geográfico regional. Esta ocupação foi incentivada pela passagem de tropas do sul do país em direção às feiras de animais de Sorocaba, no início do século XVIII, despontando assim como excelente local para invernadas, devido à extensão e qualidade das pastagens. Assim, inúmeras fazendas de gado surgiram, caracterizando profundamente os aspectos paisagísticos regionais. (ROCHA *et. al.*, 1993)

A partir de 1870, tem início o processo de imigração, como forma de incentivo à ocupação agropecuária mais intensiva das terras. A agricultura, no entanto, teve caráter principal de subsistência até recentemente, realizada em áreas de matas devido a baixa fertilidade dos solos nas áreas de campos, ocupando atualmente papel expressivo no contexto econômico regional. Com o aumento populacional, ocorreu o aumento da demanda de uso dos recursos naturais. Deste modo, o ecossistema de campos, até então utilizados como pastagens extensivas, passam a ser transformadas em pastagens artificiais, áreas agrícolas, reflorestamentos ou degradados por manejo inadequado de pastagens nativas. Estas modificações provocaram alterações nas características da paisagem primitiva, resultando em processos erosivos, assoreamentos de canais de drenagem e contaminação por agrotóxicos, infestação de pastagens, etc. (ROCHA *et. al.*, 1993).

Historicamente, a ocupação do solo no Paraná teve predominância latifundiária, com destaque para os grandes fazendeiros, pecuaristas nos campos gerais, e cafeeiros e pecuaristas no Norte do Estado. Em outro momento, surgiram as

¹⁵ BLASI, O. A cultura do índio pré-histórico. Arquivos do Museu Paranaense. Arqueologia n. ° 6, Curitiba, PR, 1972.

grandes companhias colonizadoras que demarcavam pequenos lotes agrícolas e os vendiam para colonos, tanto imigrantes estrangeiros quanto de outros Estados. Na década de 1980 houve uma expansão das lavouras temporárias no centro-sul do estado, em razão dessa região ter sido capaz de abrigar a reprodução da pequena produção familiar (RODONORTE, 1998). Na microrregião de Ponta Grossa, “... fatores favoráveis de mercado levaram ao aumento da área cultivada com milho, e este crescimento se mostrou como tendência recente na microrregião, onde a expansão da lavoura em terras de campo teve seu ritmo reduzido ou estabilizado” (IBGE, 1990, *apud* RODONORTE, 1998).

3.1.5 Aspectos Paisagísticos

Em qualquer visita que se faça à região de Tibagi, as primeiras impressões vêm das paisagens cultivadas dos Campos Gerais (ITAYTYBA, 2002). De fato, esta é uma boa definição, mas ainda há muitas outras faces da paisagem regional que merecem ser destacadas. A seguir, serão apresentados os aspectos mais marcantes da paisagem da região de estudo. Tais aspectos serão descritos de acordo com as técnicas da ciência da paisagem (ver item 2.2.1.2 e 2.2.1.4) e procurou-se representá-los por fotografias obtidas em visitas a campo, bem como através de imagem orbital classificada.

Os componentes naturais da paisagem, ou seja, relevo, litologia, clima, solo, água, vegetação e fauna foram, de maneira geral, foram descritos no item anterior (3.1.3). Os componentes artificiais, quais sejam, as intervenções antrópicas, são representadas na área de estudo principalmente pela agricultura e pelos reflorestamentos e em menor escala pelas vias e centros urbanos.

A agricultura exerce maior impacto na qualidade visual da paisagem devido ao fato de ser realizada em grandes extensões de terras dentro do município.

Este impacto não necessariamente é negativo, uma vez que a atividade agropastoril faz parte da história da região e, atualmente, é o que caracteriza, junto com o turismo rural, os novos rumos da economia regional.

Os reflorestamentos ocupam as áreas ao norte e a oeste do município, e estão integrados à paisagem, formando mosaicos com áreas de mata nativa e de agricultura. Também vêm sendo importantes para a economia, pois estão localizados na região os pólos papelheiro e madeireiro do Estado.

Os núcleos urbanos mais expressivos são a cidade de Tibagi e os distritos de São Bento do Amparo e Caetano Mendes. As vias de transporte mais significativas que influem na paisagem são as rodovias asfaltadas, sendo elas a BR 376, que liga Ponta Grossa à Apucarana, a PR 151, de Ponta Grossa à Jaguariaíva, e a PR 340, que vai de Castro à Telêmaco Borba, passando pela cidade de Tibagi. Há ainda que se destacar a influência da BR 153 – Transbrasiliana, que atravessa o município, porém não se encontra pavimentada.

A partir da escala adotada no presente trabalho – uma escala regional, macro – pode-se visualizar os componentes da paisagem da região de estudo através da estrutura apresentada por FORMAN e GODRON (1986), como sendo a matriz os campos gerais, os corredores os cursos d'água e suas bordas com vegetação florestal, e como fragmentos ou manchas, os bosques de floresta nativa, os reflorestamentos e os afloramentos rochosos. Na figura 5, é mostrada a imagem orbital da área de estudo, onde se podem visualizar os aspectos da paisagem regional.

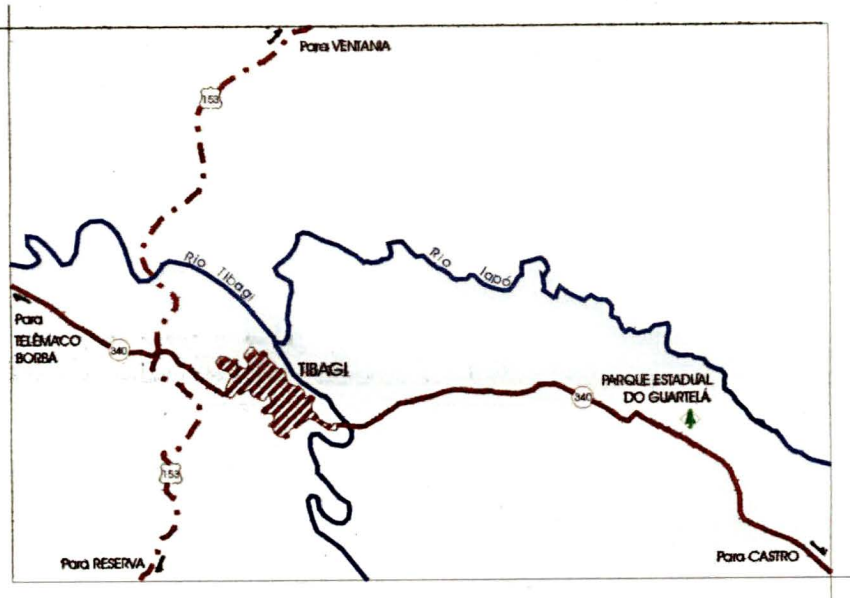


FIGURA 5: ÁREA DE ESTUDO E ASPECTOS DA PAISAGEM REGIONAL

ÁREA DE ESTUDO - REGIÃO DE TIBAGI, PARANÁ -

Imagem Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5,
composição colorida RGB 5, 4, 3
Cena 221/077, setembro de 1999.

552.000 E
7.298.000 N



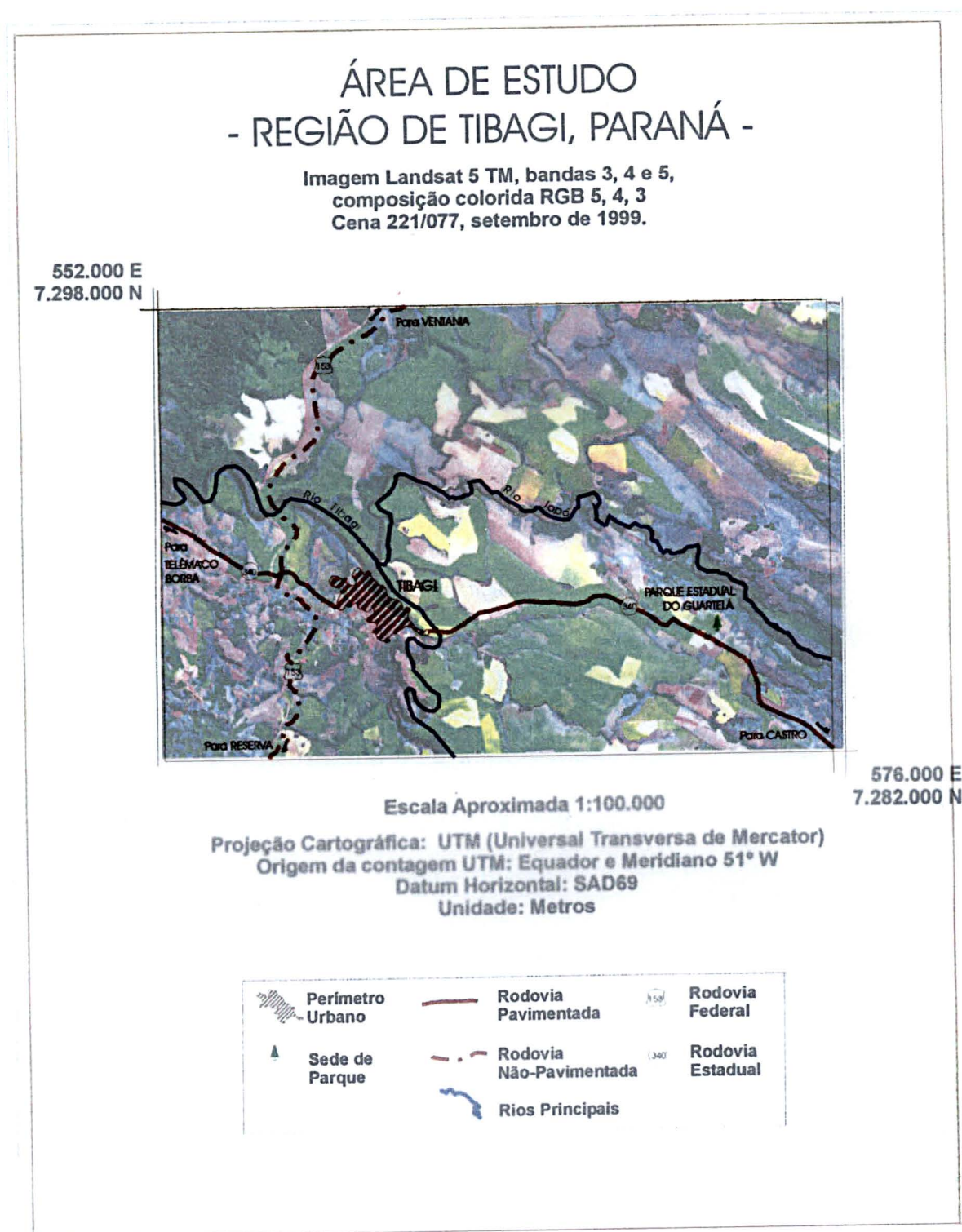
576.000 E
7.282.000 N

Escala Aproximada 1:100.000

Projeção Cartográfica: UTM (Universal Transversa de Mercator)
Origem da contagem UTM: Equador e Meridiano 51° W
Datum Horizontal: SAD69
Unidade: Metros



FIGURA 5: ÁREA DE ESTUDO E ASPECTOS DA PAISAGEM REGIONAL



A paisagem regional vista pelos seus elementos básicos de expressão plástica (ponto, linha, plano e volume), pode ser representada principalmente pelas feições do relevo e hidrografia, sendo constante a linha e o plano. Volume e ponto são restritos a percepções locais, como afloramentos rochosos e algumas serras.

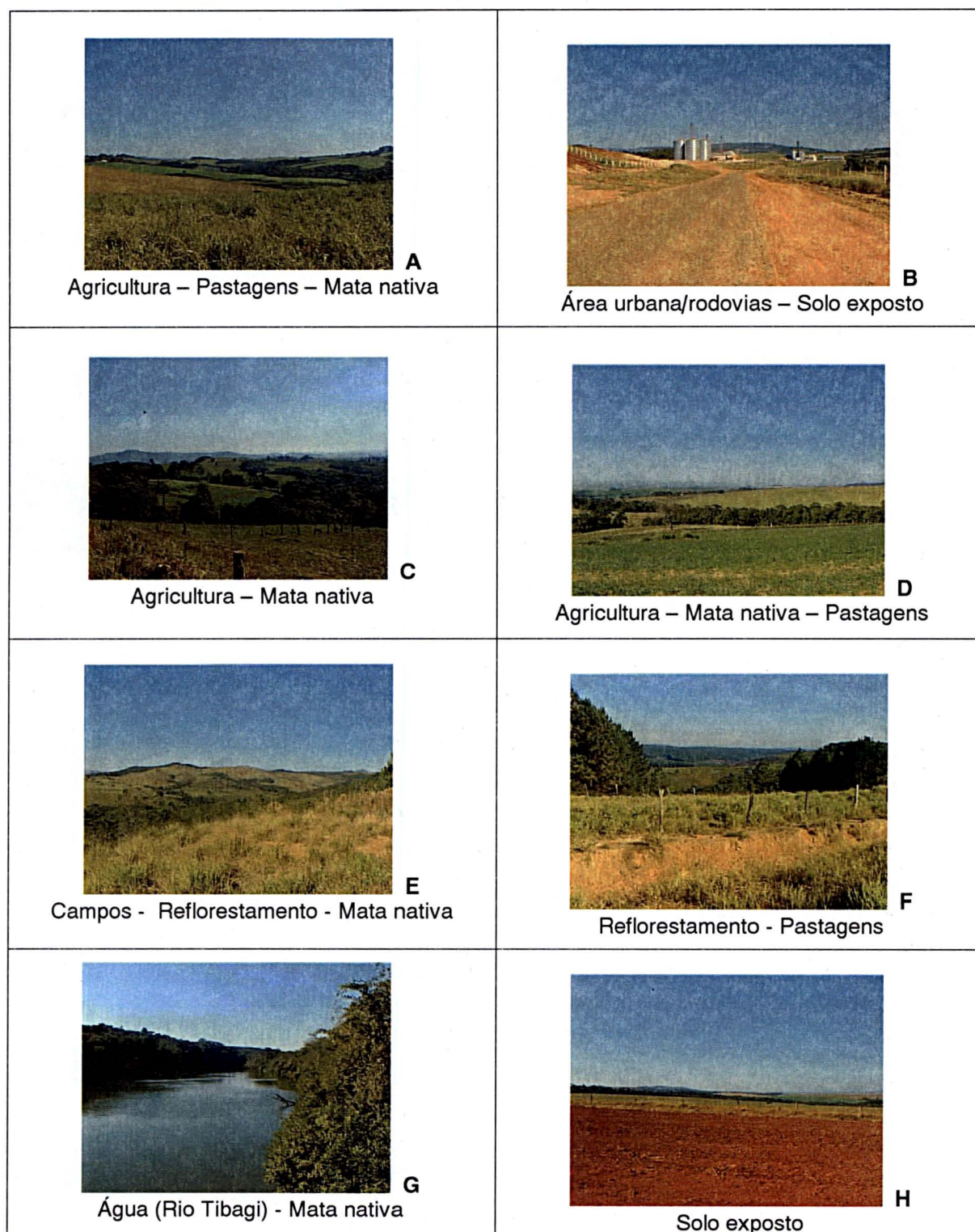
Esteticamente, o cenário paisagístico da área de estudo pode ser percebido por suas impressões visuais primárias (forma, cor, textura e escala) através da configuração dos usos do solo, da expressão do relevo e da sazonalidade. O uso agrícola das terras provoca um mosaico de padrões de formatos que, aliado à variedade do relevo local e as rotações cíclicas de culturas cultivadas, torna a região altamente atrativa, em termos de cores, formas e texturas. A escala pode ser vista na extensão dos campos cultivados e na imponentia de algumas feições geomorfológicas, como por exemplo, o *Canyon* do Guartelá e o Morro do Jacaré (localizado na parte sudoeste da figura 5, entre a BR 153 e o rio Tibagi).

Dentre as impressões secundárias (unidade, força, variedade, ritmo, dominância, contraste e essência local – ou *genius loci*), pode-se destacar que a força da paisagem está no seu aspecto de amplidão, de horizonte ao longe; há também a alternância entre os componentes, tendo-se por vezes, a dominância de um e logo a seguir a variedade dos mesmos, num curto espaço geográfico e de tempo (ao se percorrer a região). O contraste também é altamente vislumbrado, desde a variação do relevo, dos usos da terra e até mesmo do ponto de vista fitoecológico, pois a região guarda elementos de diferentes ecossistemas, como o da Mata Atlântica, do Cerrado e da Caatinga. Cabe destacar ainda a essência local, que se mantém hoje como em décadas passadas, e é expressa nos hábitos e costumes da região, oriundos de diferentes fontes, como de etnias européias, tribos indígenas e, principalmente, do Tropeirismo.

Diante de todos estes aspectos, a paisagem da região de estudo pode ser classificada como do tipo panorâmica, pois em geral, a visão é sem limites, há o



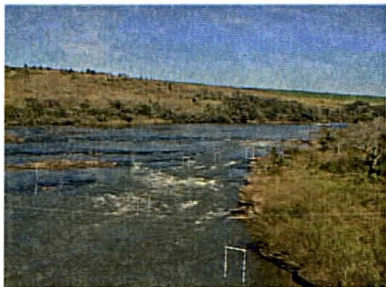
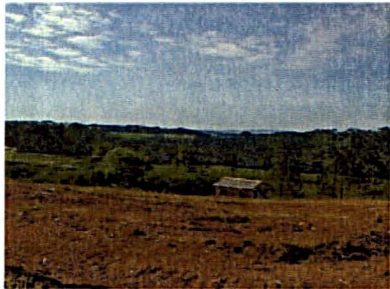
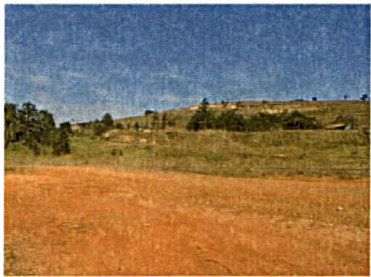
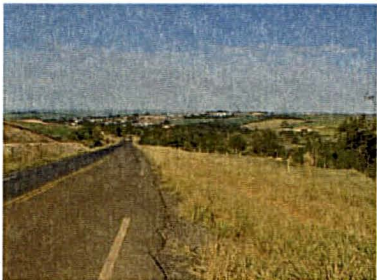

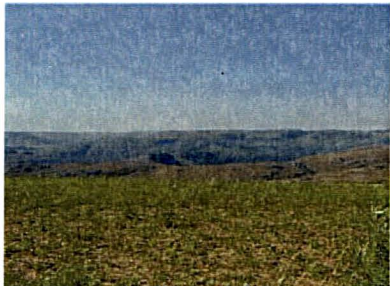
predomínio de elementos horizontais, e o céu é uma parte integrante e dominante na maioria dos cenários. A figura 6 mostra alguns aspectos da paisagem da área de estudo, através de fotos obtidas durante reconhecimento de campo. Na figura 7 encontra-se um mapa com a localização aproximada dos pontos de tomada das fotos mostradas na figura 6.

FIGURA 6: FOTOS DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO.



FONTE: AUTOR

CONTINUAÇÃO DA FIGURA 7: FOTOS DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO.

 <p>I Agricultura – Mata nativa</p>	 <p>J Agricultura – Mata nativa</p>
 <p>K Água (Rio Tibagi) - Campos</p>	 <p>L Solo exposto - Mata nativa - Reflorestamento</p>
 <p>M Rodovia - Campo - Mata nativa</p>	 <p>N Área urbana/rodovia - Campo - Mata nativa</p>
 <p>O Agricultura – Solo com calcário – Mata nativa</p>	 <p>P Agricultura - Campos - Mata nativa <i>Canyon Guartelá</i></p>

FONTE: AUTOR

CONTINUAÇÃO DA FIGURA 7: FOTOS DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO.

 <p>Q Campos - Mata nativa – Afloramentos rochosos <i>Canyon Guartelá</i></p>	 <p>R Rodovia – Solo com calcário</p>
 <p>S Reflorestamento - Campos</p>	 <p>T Pastagens/campos - Afloramentos rochosos</p>
 <p>U Rodovia (ponte rio Tibagi) - Campos</p>	 <p>V Água (rio Tibagi) Campos - Mata nativa</p>
 <p>X Campos/pastagens</p>	 <p>Z Agricultura - Solo exposto</p>

FONTE: AUTOR

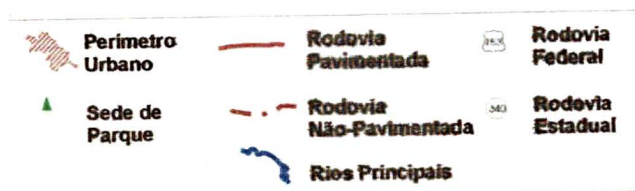
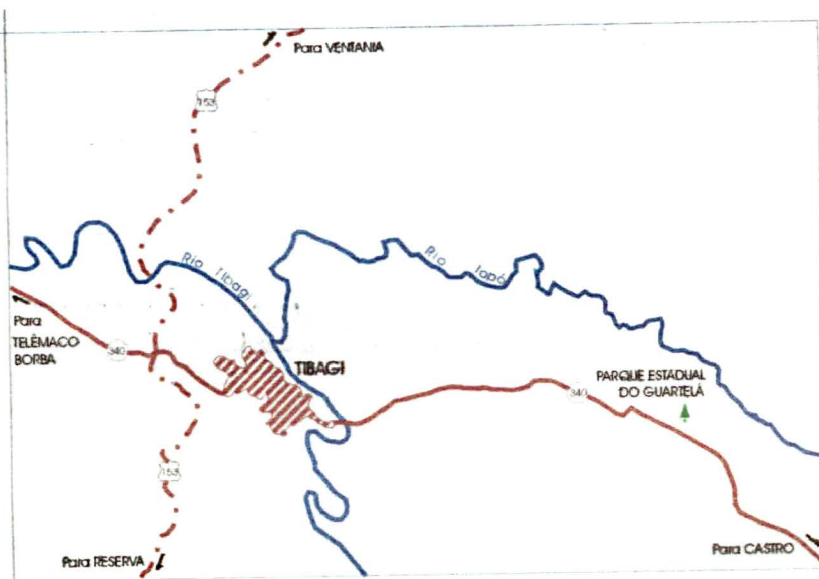
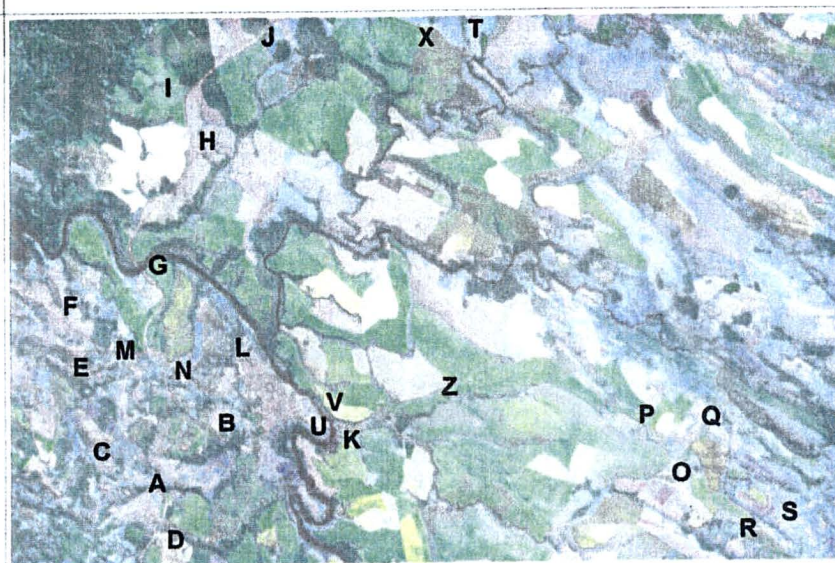


FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DA TOMADA DAS FOTOS

- REGIÃO DE TIBAGI, PARANÁ -

LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DAS FOTOS DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO

552.000 E
7.298.000 N



576.000 E
7.282.000 N

LEGENDA:

A - Z Representam a localização aproximada dos pontos de onde foram tomadas as fotos mostradas na figura 6

Escala Aproximada 1:100.000

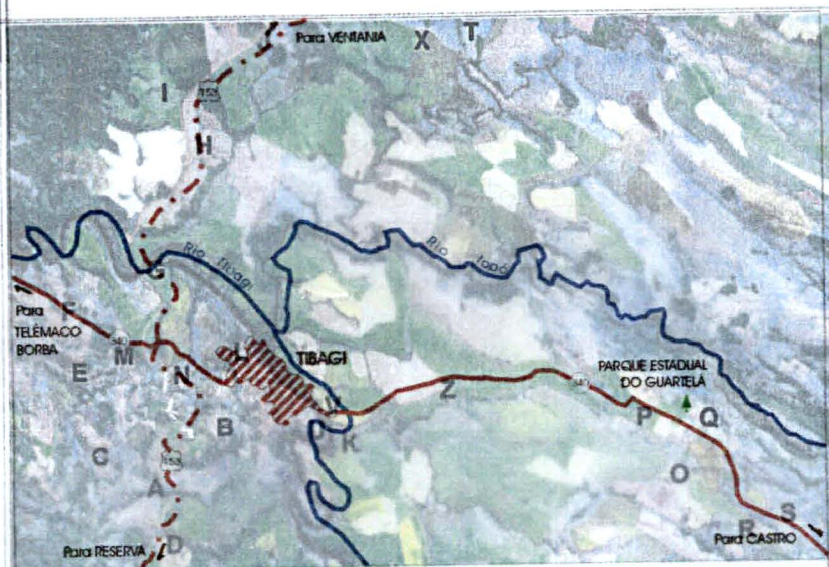
Projeção Cartográfica: UTM (Universal Transversa de Mercator)
Origem da contagem UTM: Equador e Meridiano 51° W
Datum Horizontal: SAD69
Unidade: Metros

Imagem Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5,
composição colorida RGB 5, 4, 3
Cena 221/077, setembro de 1999.

FONTE: AUTOR.

FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DA TOMADA DAS FOTOS

- REGIÃO DE TIBAGI, PARANÁ -

LOCALIZAÇÃO APROXIMADA
DAS FOTOS DA PAISAGEM
DA REGIÃO DE ESTUDO552.000 E
7.298.000 N576.000 E
7.282.000 N

LEGENDA:

A - Z Representam a localização aproximada
dos pontos de onde foram tomadas as fotos mostradas na figura 6

Escala Aproximada 1:100.000

Projeção Cartográfica: UTM (Universal Transversa de Mercator)

Origem da contagem UTM: Equador e Meridiano 51° W

Datum Horizontal: SAD69
Unidade: metros

Perímetro Urbano
Sede de Parque
Rodovia Federal
Rodovia Estadual
Rodovia Não Pavimentada
Rio Principal
Imagem Landsat TM, bandas 3, 4 e 5, composição colorida RGB 5, 4, 3
Cena 221/017, Setembro de 1999.

FONTE: AUTOR.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento do presente estudo teve por base conceitual o trabalho de GRIFFITH (1979), que empregou o método indireto de avaliação da paisagem para análise dos recursos naturais do Parque Nacional da Serra da Canastra. A metodologia aqui proposta trata de uma implementação no uso do método indireto com a utilização de imagens orbitais para a valoração paisagística, voltada para a determinação de parâmetros coerentes para o uso e ocupação do solo na região de estudo. Cabe, porém, antes da descrição da metodologia empregada, dar uma rápida explicação de sua escolha para o desenvolvimento deste trabalho.

Os métodos de avaliação e valoração da paisagem diferem entre si em vários aspectos, relacionados a sua aplicação, finalidade e resultado. Em termos de objetividade, os métodos ditos indiretos, isto é, aqueles onde a paisagem é avaliada a partir de seus componentes (ver item 2.2.7) são os que menos expressam valores subjetivos, sendo por isso mais fácil e amplamente aplicados na avaliação paisagística regional. No entanto, para a eficácia na utilização dos métodos indiretos, existe a necessidade de se trabalhar com informações quão mais atuais possíveis, a fim de se obter maior veracidade no resultado final. Tendo-se essa premissa por escopo e conhecendo-se o atual estágio de evolução dos documentos cartográficos, partiu-se para uma busca de como utilizar as imagens de satélite, hoje tão difundidas, de uma maneira simples, sem o emprego de altas tecnologias, e que pudesse complementar ou até mesmo, em alguns casos, substituir a metodologia indireta de avaliação da paisagem. A partir disto, elaborou-se uma metodologia a seguir descrita.

3.2.1 Metodologia Empregada

A metodologia empregada pode ser dividida em duas fases: a da avaliação

tradicional através do método indireto pelas componentes da paisagem, e uma segunda fase, onde a avaliação foi realizada através de programação de algoritmos específicos e com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens.

3.2.1.1 Valoração pelo Método Indireto

Primeiramente, foi escolhida uma região do município que contemplava a maior variedade paisagística para a realização do estudo. Essa região, delimitada no item 3.2, abrange uma área de 384 Km² (24 Km de extensão por 16 Km de largura). O objetivo era obter uma avaliação desta área pela metodologia tradicional (Método Indireto através da técnica dos Componentes da Paisagem, tendo-se por base o trabalho de GRIFFITH, 1979), para depois utilizá-la como comparação e referência nas demais etapas do trabalho. A escala adotada foi 1:100.000, por se julgar a mais adequada ao experimento.

Após a definição da escala, da área de teste, e da finalidade da avaliação, realizou-se uma aplicação do método indireto através da técnica dos componentes da paisagem. Para tanto, foram empregados:

- Carta Topográfica, escala 1:50.000 da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico – Exército do Brasil) , Folha SG.22-X-A-II-3, MI – 2807/3, Rincão da Ponte. Edição 1997;
- Carta Topográfica, escala 1:100.000 da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico – Exército do Brasil) , Folha SG.22-D-IV, Castro. Edição 1964;
- Mapa das Florestas, escala 1:100.000 do Mapeamento dos Remanescentes de Floresta com Araucária no Estado do Paraná – PROBIO – MMA- CNPq. MI's 2807 e 2824. Edição 2001;.

- Imagem Landsat 5 TM, cena 221/077 de setembro de 1999, bandas 3, 4 e 5, cedida pela Empresa ENGESAT à Universidade Federal do Paraná.

Nas cartas topográficas foram avaliados as estradas e rodovias, o relevo e a hidrografia. No mapa de vegetação foi avaliada a cobertura vegetal e hidrografia. A imagem de satélite permitiu uma avaliação geral dos usos do solo. A análise foi feita através de uma grade reticulada, com base na metodologia empregada por GRIFFITH (1979). A grade possui dimensões de 12 colunas por 8 linhas, conforme a figura 8, com 96 quadrículas de aproximadamente 4Km² cada. Os critérios e pontuação da valoração empregada neste estudo foram os mostrados na figura 9. Tais valores foram baseados naqueles utilizados por GRIFFITH (1979) e adaptados para a região de Tibagi, sendo que os pesos foram arbitrados, dando-se maiores valores aos fatores mais expressivos em termos paisagísticos.

FIGURA 8: GRID UTILIZADO PARA A VALORAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO.

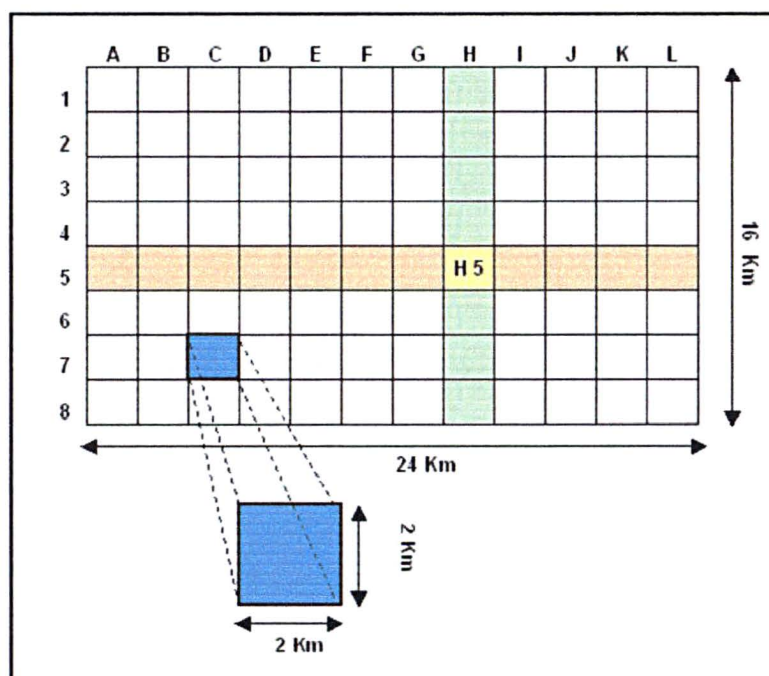


FIGURA 9: CRITÉRIOS ADOTADOS PARA A VALORAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO.

			Valor	Peso
Contexto Topográfico	Relevo	Baixa variedade	1	4
		Média variedade	2	
		Alta variedade	3	
	Contraste	Baixo	1	6
		Mediano	2	
		Alto	3	
Contexto Hidrográfico	Bifurcação	Inexistente	0	4
		Baixa	1	
		Média	2	
		Alta	3	
	Extensão	Inexistente	0	3
		Baixa	1	
		Média	2	
Contexto Vegetativo e Geomorfológico	Presença de corpo d'água significativo		1	3
	Cobertura dominante	Baixa	1	2
		Média	2	
		Alta	3	
	Combinação	Inexistente	0	2.5
		Baixa	1	
		Média	2	
		Alta	3	
	Combinação na imagem	Inexistente	0	2.5
		Baixa	1	
		Média	2	
		Alta	3	
Contexto Interferência Antrópica	Presença de afloramentos rochosos		1	3
	Impacto visual	Negativo	-1	1
		Insignificante	0	
		Positivo	1	

FONTE: ADAPTADO DE GRIFFTH (1979).

Assim, cada quadrícula recebeu um valor de qualidade para cada um dos critérios. Para cada critério foi calculado um valor levando-se em consideração os pesos de cada item, conforme a figura 9. A figura 10 a seguir mostra, a descrição de cada um dos itens que integram os critérios empregados.

FIGURA 10: DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS ADOTADOS PARA VALORAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO.

			Descrição
Contexto Topográfico	Relevo	Baixa variedade	Plano
		Média variedade	Plano ondulado
		Alta variedade	Acidentado
	Contraste	Baixo	Até 50m
		Mediano	50 a 100m
		Alto	Mais de 100m
Contexto Hidrográfico	Bifurcação	Inexistente	Área sem corpos d'água
		Baixa	Bifurcações simples
		Média	Bifurcações medianas
		Alta	Bifurcações complexas
	Extensão	Inexistente	Área sem corpos d'água
		Baixa	Pouca extensão dos corpos d'água
		Média	Área parcialmente cruzada por corpos d'água
		Alta	Área completamente cruzada por corpos d'água
	Presença de corpo d'água significativo		Área atravessada por rios de grande porte
	Contexto Vegetativo e Geomorfológico	Cobertura dominante	Baixa
Média			Áreas agrícolas, pastagens e campos
Alta			Foresta nativa e afloramentos rochosos
Combinação		Inexistente	Área com mais de 90% de uma única cobertura
		Baixa	2 tipos de combinações
		Média	3 tipos de coberturas
		Alta	4 ou mais tipos de cobertura
Combinação na imagem		Inexistente	Área com mais de 90% de uma única cobertura
		Baixa	2 tipos de combinações
		Média	3 tipos de coberturas
	Alta	4 ou mais tipos de coberturas	
Presença de afloramentos rochosos		Afloramentos rochosos	
Contexto Interferência Antrópica	Impacto visual	Negativo	Agricultura extensiva/desmatamentos
		Insignificante	Rodovias e áreas urbanas
		Positivo	Pontes, sedes propriedades rurais e atrativos turísticos

FONTE: ADAPTADO DE GRIFFTH (1979).

Na sequência, foram elaboradas tabelas com todos os valores de cada critério para cada quadrícula, bem como representações gráficas destes resultados. Para a elaboração dos mapas de qualidade visual utilizou-se a divisão em 3 e 5 classes de qualidade. Isto findou a primeira etapa da avaliação da paisagem.

3.2.1.2 Valoração pelo Programa Computacional

A segunda fase de avaliação foi desenvolvida através de programação de algoritmos em ambiente MATLAB. Para isso, foram elaboradas rotinas computacionais que a partir da leitura da imagem orbital classificada a transformavam, com bases nos critérios da ciência da paisagem, em mapas de qualidade visual.

O primeiro passo para a realização desta segunda fase foi o processamento digital da imagem. Tal procedimento envolveu a escolha das bandas a serem utilizadas, o recorte da área de estudo da imagem original, o georeferenciamento, o realce e a classificação. As bandas empregadas (ver item 2.1.1, tabela 1 e item 2.1.3) foram a banda 3, região do vermelho, banda 4, do infra-vermelho próximo, e banda 5, da região do infra-vermelho médio. Utilizou-se na visualização da imagem a composição colorida RGB (*Red-Green-Blue*) para as bandas na ordem 5, 4 e 3, respectivamente R, G e B. A região de estudo na imagem, descrita no item 3.1.1, possui as dimensões de 938 colunas por 603 linhas, num total de 565.614 *pixels*.

A classificação foi feita através da técnica supervisionada (descrita no item 2.1.7), onde o usuário define as classes que empregará. As classes utilizadas foram identificadas na imagem através da interpretação visual (item 2.1.9) e de reconhecimento de campo. O processo de classificação foi desenvolvido com o auxílio do *software* Multispec, de acordo com as seguintes etapas:

- Definição das classes, em número de 10 e nesta ordem: água (1), mata nativa (2), reflorestamentos (3), agricultura estágio I (4), agricultura estágio II (5), área urbana/rodovias (6), campos/pastagens (7), solo exposto (8), solo com calcário (9), e afloramentos rochosos (10);

- Escolha das amostras de cada classes;
- Classificação da imagem;
- Avaliação da classificação;
- Conclusão do mapa de uso do solo;
- Transformação da imagem classificada para o formato raw¹⁶, para que a mesma pudesse ser empregada no *software* MATLAB.

Na finalização dos mapas de qualidade visual da paisagem empregou-se um filtro passa-alta (item 2.1.8) para o realce da imagem classificada, com a finalidade de detecção de bordas, visando delinear as principais linhas que configuram a paisagem da área, de modo que as áreas de cada classe pudessem ser melhor identificadas.

A elaboração do programa computacional, em linhas gerais, se deu da seguinte maneira: pensando-se na imagem como um *grid* reticulado, fez-se um algoritmo que lê cada um dos *pixels* da imagem classificada e, em função da sua classe, atribui ao pixel um valor numérico de qualidade, estabelecido com base nos conhecimentos empregados no estudo da paisagem. Para tanto, buscou-se avaliar a paisagem através do algoritmo de três maneiras diferentes (critérios):

- Na primeira, a paisagem é vista em termos da combinação dos seus elementos (no caso, das classes).
- A segunda trabalha com os componentes da paisagem (Água, Terra e Vegetação).
- Na terceira forma de avaliação, vê-se a diversidade da paisagem como fator de qualidade.

¹⁶ RAW – Formato de arquivo de imagem empregado pelo MATLAB.

O algoritmo (ver Apêndice) tem, basicamente, as seguintes etapas:

- Leitura da imagem classificada;
- Contagem e armazenamento do nível de cinza de cada *pixel*, dentro da quadrícula estabelecida. Esta quadrícula é a unidade utilizada para a avaliação da paisagem. Foram empregadas quadrículas com áreas de aproximadamente 4Km² (para efeito de comparação com a técnica tradicional empregada), que equivalem às dimensões de 67 por 67 *pixels*, totalizando 4489 *pixels*. Foram também empregadas outras três dimensões de quadrículas de avaliação para teste da rotina computacional desenvolvida. Tais dimensões foram: 49 por 497 *pixels*, 35 por 35 *pixels* e 17 por 177 *pixels*;
- Uso de um dos critérios de avaliação da paisagem: combinação de elementos, componentes ou diversidade;
- Geração da visualização gráfica que retrata a qualidade visual da paisagem em função do critério empregado.

Os critérios a seguir descritos, foram desenvolvidos com base nos diversos métodos de avaliação de paisagens existentes e visam buscar uma metodologia alternativa, com o emprego de imagens orbitais. Os valores empregados em cada um dos critérios e apresentados nas tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 foram arbitrados para o presente trabalho, com base nos valores empregados por GRIFFITH (1979).

3.2.1.2.1 O Critério da Combinação de Elementos da Paisagem

O critério de valoração da paisagem em termos da combinação de seus elementos leva em conta os aspectos visuais de cada classe e suas composições com

as demais. A avaliação é feita da seguinte forma: dentro de cada quadrícula conta-se quais as classes que ocorrem; destas classes, separam-se as duas de maior frequência; em seguida dá-se uma nota à quadrícula em função do valor que a combinação destas classes representa, conforme a tabela 5; caso a quadrícula tenha uma classe majoritária cuja área ocupa mais de 85% de sua área, ela recebe apenas o valor individual desta classe, mostrado na tabela 6; o contrário, ou seja, caso a maior classe tenha até 15% da área, a quadrícula recebe um valor diferencial (zero), pois denota uma grande fragmentação da paisagem.

TABELA 5: VALORES ADOTADOS PARA A VALORAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM PELO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.

Combinação ¹⁷ (A+B)	Classe A	Classe B	Valor Adotado
1 + 2 ou 2 + 1	Água	Mata	5
1 + 3 ou 3 + 1	Água	Reflorestamento	4
1 + 4 ou 4 + 1	Água	Agricultura 1	3
1 + 5 ou 5 + 1	Água	Agricultura 2	3
1 + 6 ou 6 + 1	Água	Área Urbana/Rodovia	3
1 + 7 ou 7 + 1	Água	Campo/Pastagem	4
1 + 8 ou 8 + 1	Água	Solo Exposto	1
1 + 9 ou 9 + 1	Água	Solo com Calcário	1
1 + 10 ou 10 + 1	Água	Afloramento Rochoso	5
2 + 3 ou 3 + 2	Mata	Reflorestamento	4
2 + 4 ou 4 + 2	Mata	Agricultura 1	3
2 + 5 ou 5 + 2	Mata	Agricultura 2	3
2 + 6 ou 6 + 2	Mata	Área Urbana/Rodovia	3
2 + 7 ou 7 + 2	Mata	Campo/Pastagem	4
2 + 8 ou 8 + 2	Mata	Solo Exposto	2
2 + 9 ou 9 + 2	Mata	Solo com Calcário	2
2 + 10 ou 10 + 2	Mata	Afloramento Rochoso	5
3 + 4 ou 3 + 2	Reflorestamento	Agricultura 1	3
3 + 5 ou 5 + 3	Reflorestamento	Agricultura 2	3
3 + 6 ou 6 + 3	Reflorestamento	Área Urbana/Rodovia	2
3 + 7 ou 7 + 3	Reflorestamento	Campo/Pastagem	3
3 + 8 ou 8 + 3	Reflorestamento	Solo Exposto	1
3 + 9 ou 9 + 3	Reflorestamento	Solo com Calcário	1
3 + 10 ou 10 + 3	Reflorestamento	Afloramento Rochoso	3
4 + 5 ou 5 + 4	Agricultura 1	Agricultura 2	3
4 + 6 ou 6 + 4	Agricultura 1	Área Urbana/Rodovia	3
4 + 7 ou 7 + 4	Agricultura 1	Campo/Pastagem	3
4 + 8 ou 8 + 4	Agricultura 1	Solo Exposto	3
4 + 9 ou 9 + 4	Agricultura 1	Solo com Calcário	3
4 + 10 ou 10 + 4	Agricultura 1	Afloramento Rochoso	4
5 + 6 ou 6 + 5	Agricultura 2	Área Urbana/Rodovia	3
5 + 7 ou 7 + 5	Agricultura 2	Campo/Pastagem	3
5 + 8 ou 8 + 5	Agricultura 2	Solo Exposto	3
5 + 9 ou 9 + 5	Agricultura 2	Solo com Calcário	3
5 + 10 ou 10 + 5	Agricultura 2	Afloramento Rochoso	4
6 + 7 ou 7 + 6	Área Urbana/Rodovia	Campo/Pastagem	3
6 + 8 ou 8 + 6	Área Urbana/Rodovia	Solo Exposto	1
6 + 9 ou 9 + 6	Área Urbana/Rodovia	Solo com Calcário	1
6 + 10 ou 10 + 6	Área Urbana/Rodovia	Afloramento Rochoso	3
7 + 8 ou 8 + 7	Campo/Pastagem	Solo Exposto	2
7 + 9 ou 9 + 7	Campo/Pastagem	Solo com Calcário	2
7 + 10 ou 10 + 7	Campo/Pastagem	Afloramento Rochoso	5
8 + 9 ou 9 + 8	Solo Exposto	Solo com Calcário	1
8 + 10 ou 10 + 8	Solo Exposto	Afloramento Rochoso	2
9 + 10 ou 10 + 9	Solo com Calcário	Afloramento Rochoso	2

¹⁷ Combinação entre as classes: 1 = água; 2 = mata; 3 = reflorestamento; 4 = agricultura I, 5 = agricultura II; 6 = área urbana/rodovia; 7 = campo/pastagem; 8 = solo exposto; 9 = solo exposto com calcário; 10 = afloramento rochoso

TABELA 6: VALOR INDIVIDUAL DE CADA ELEMENTO ADOTADO NA VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS.

Classe	Elemento	Valor Individual
Classe 1	Água	5
Classe 2	Mata	5
Classe 3	Reflorestamento	2
Classe 4	Agricultura 1	3
Classe 5	Agricultura 2	3
Classe 6	Área Urbana/Rodovia	3
Classe 7	Campo/Pastagem	4
Classe 8	Solo Exposto	1
Classe 9	Solo com Calcário	1
Classe 10	Afloramento Rochoso	5

3.2.1.2.2 O Critério dos Componentes da Paisagem

Na avaliação pelos componentes da paisagem, cada quadrícula tem as classes que a compõe agrupadas em 3 novas classes, que são Água, Vegetação e Terra, compostas conforme a tabela 7. De maneira análoga ao critério anterior, neste é contada a porcentagem de cada componente e analisada sua combinação. Sendo que, prevalece o mesmo parâmetro de ocupação da área, ou seja, se mais de 85% da quadrícula for do mesmo componente, ela receberá apenas o valor individual do componente. O valor inferior (15%) não foi considerado, uma vez que são apenas 3 componentes, e a de maior ocorrência obrigatoriamente terá um grau de ocupação maior que este. A tabela 8 mostra os valores empregados.

TABELA 7: VALORES ADOTADOS PARA VALORAÇÃO ATRAVÉS DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.

Componente	Classe	Valor Adotado
Água	Água	5
Vegetação	Mata Reflorestamento Agricultura 1 Agricultura 2 Campo/Pastagem	4
Terra (Outras Coberturas)	Área Urbana/Rodovia Solo Exposto Solo com Calcário Afloramento de Rocha	2

TABELA 8: VALORES ADOTADOS PARA A COMPOSIÇÃO DE COMPONENTES NA VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DOS COMPONENTES.

Composição dos Componentes	Valor Adotado
Água + Vegetação	5
Água + Terra	4
Vegetação + Terra	3
Vegetação + Água	5
Terra + Água	2
Terra + Vegetação	1

3.2.1.2.3 O Critério da Diversidade Paisagística

A última forma de avaliação empregada diz respeito à diversidade da paisagem. Dentro de cada quadrícula, conta-se todas as classes ocorrentes, independentes de suas combinações. A quadrícula receberá um valor de qualidade tanto mais alto quanto for o número de classes contidas em seu interior. A tabela 9 mostra os valores empregados para as classes de qualidade em função da diversidade.

TABELA 9: VALORES ADOTADOS PARA A VALORAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DA DIVERSIDADE DE ELEMENTOS.

Quantidade de Elementos	Valor Adotado
1 classe	1
2 classes	2
3 classes	3
4 classes	4
5 ou mais classes	5

3.2.2 Avaliação da Paisagem

Na metodologia empregada neste trabalho, a valoração da paisagem se deu de duas maneiras: pelo método tradicional (Método Indireto através das Componentes da Paisagem) e pela implementação de algoritmos computacionais em ambiente MATLAB, que atribuiu à paisagem valores a partir de três diferentes critérios (combinação de elementos, componentes e diversidade). Sendo assim, obtiveram-se as seguintes formas de avaliação da paisagem.

- Pelo método indireto usual - o método empregado por GRIFFITH (1979) - o resultado da valoração da paisagem gerou tabelas com os valores individuais de cada quadrícula, tabelas com as classes de qualidade visual paisagística das quadriculas (3 e 5 classes de qualidade), visualização gráfica da espacialização das quadriculas em 3 e 5 classes de qualidade visual, e os mapas de qualidade visual da paisagem, obtidos a partir das visualizações gráficas combinadas com as cartas topográficas e de vegetação, e com a imagem orbital;
- Através de algoritmos - a metodologia proposta no presente trabalho, através do uso de procedimentos do Sensoriamento Remoto - foram geradas as visualizações de cada critério e os mapas de qualidade visual da paisagem, com a combinação entre estas visualizações e as cartas e a imagem original;

- Por meio comparativo entre as duas primeiras formas de valoração, onde se procurou evidenciar as semelhanças, discrepâncias e limitações de cada uma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser divididos, de maneira geral, em: resultados advindos da avaliação tradicional da paisagem, através da técnica dos componentes da paisagem; resultados advindos da implementação dos algoritmos em ambiente MATLAB; e o resultado geral, que mostra um diagnóstico da qualidade visual da paisagem da região de estudo. Na sequência são apresentados os resultados, a análise e a discussão dos mesmos.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

A figura 11 mostra o mapa de uso do solo da região de Tibagi, resultante do processo de classificação da imagem original LANDSAT TM 5, canais 3, 4 e 5, composição colorida RGB 5, 4, 3, através do Método da Máxima Verossimilhança. Este foi o mapa empregado no programa para a avaliação da paisagem desenvolvido em ambiente MATLAB.

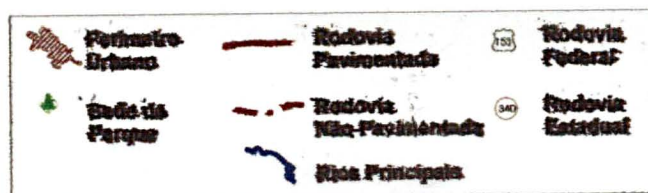
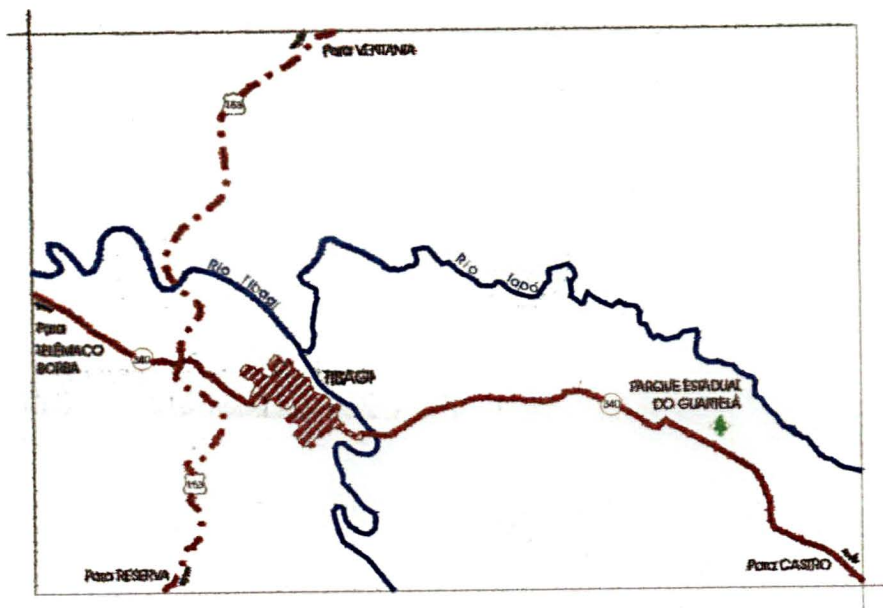
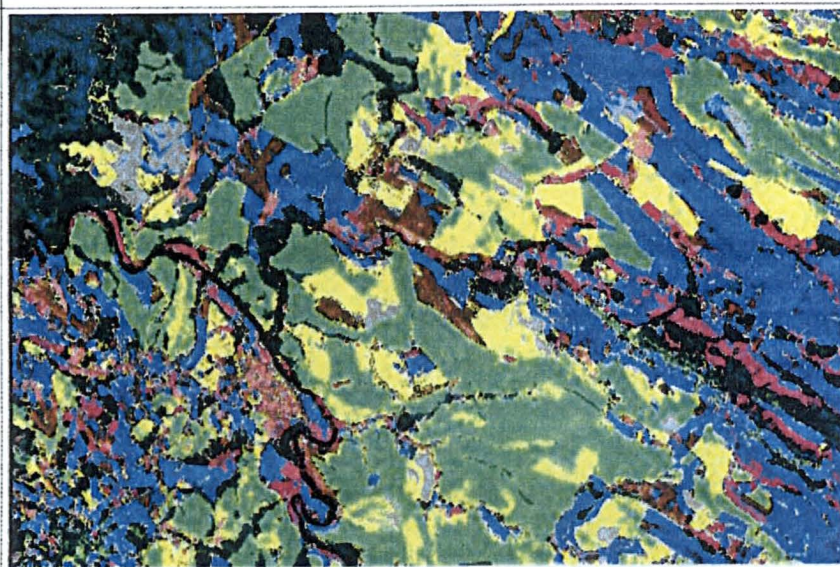


FIGURA 11: IMAGEM CLASSIFICADA











MAPA DE USO DO SOLO - REGIÃO DE TIBAGI, PARANÁ -

552.000 E
7.298.000 N



576.000 E
7.282.000 N

Legenda

	Água		Área Urbana/Rodovia
	Mata Nativa		Campos/Pastagens
	Reflorestamento		Solo Exposto
	Agricultura 1		Solo com Calcário
	Agricultura 2		Afloramentos Rochosos

Escala Aproximada 1:100.000

Projeção Cartográfica: UTM (Universal Transversa de Mercator)

Origem da contagem UTM: Equador e Meridiano 51° W

Datum Horizontal: SAD69

Unidade: Metros

Classificação pelo Método da Máxima Verossimilhança

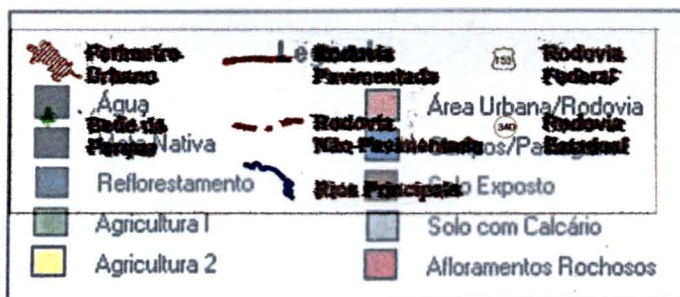
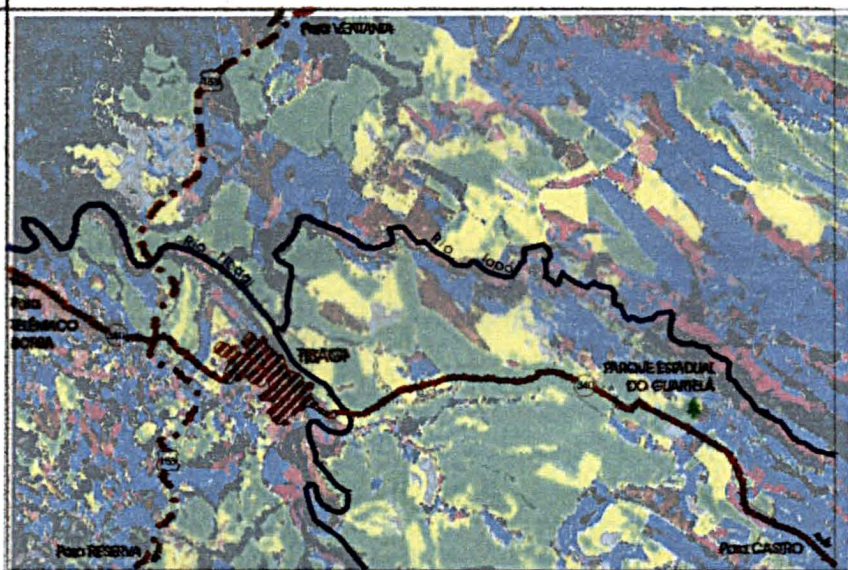
Imagem Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5,

composição colorida RGB 5, 4, 3

Cena 221/077, setembro de 1999

FIGURA 11: IMAGEM CLASSIFICADA

MAPA DE USO DO SOLO
- REGIÃO DE TIBAGI, PARANÁ -



Escala Aproximada 1:100.000

Projeção Cartográfica: UTM (Universal Transversa de Mercator)

Origem da contagem UTM: Equador e Meridiano 51° W

Datum Horizontal: SAD69

Unidade: Metros

Classificação pelo Método da Máxima Verossimilhança

Imagem Landsat 5 TM, bandas 3, 4 e 5,

composição colorida RGB 5, 4, 3

Cena 221/077, setembro de 1999

Observa-se neste mapa de uso do solo (figura 11) que as áreas agrícolas e de campos (nativos e pastagens plantadas) ocupam a maior parte da região mapeada. São justamente estas duas coberturas da superfície que caracterizam a paisagem regional dos Campos Gerais do Paraná. Outras coberturas bastante características da região são os capões de mata nativa e as áreas onde ocorrem afloramentos de rochas.

Cabe ressaltar que esta imagem classificada não está isenta de erros, isto é, ocorreram erros na classificação de algumas áreas, advindas da semelhança espectral entre algumas classes, como é o caso das classes área urbana/rodovia, solo exposto e afloramentos rochosos.

Com a verificação em campo, chegou-se à conclusão de que a classe área urbana/rodovia somente ocorre em área na cidade de Tibagi, sendo que as demais áreas classificadas como tal pertencem à classe solo exposto. Também as regiões onde ocorrem afloramentos rochosos em formatos regulares e em áreas extensas, estas pertencem à classe de solo exposto. Os afloramentos de rochas ocorrem linearmente, seguindo cursos d'água ou as feições geomorfológicas e, em geral, são entremeados da classe campos/pastagens. Esta imagem classificada foi utilizada no programa para a avaliação da paisagem, sendo observadas as ressalvas anteriores na interpretação dos resultados do programa e na geração dos mapas de qualidade visual da paisagem.

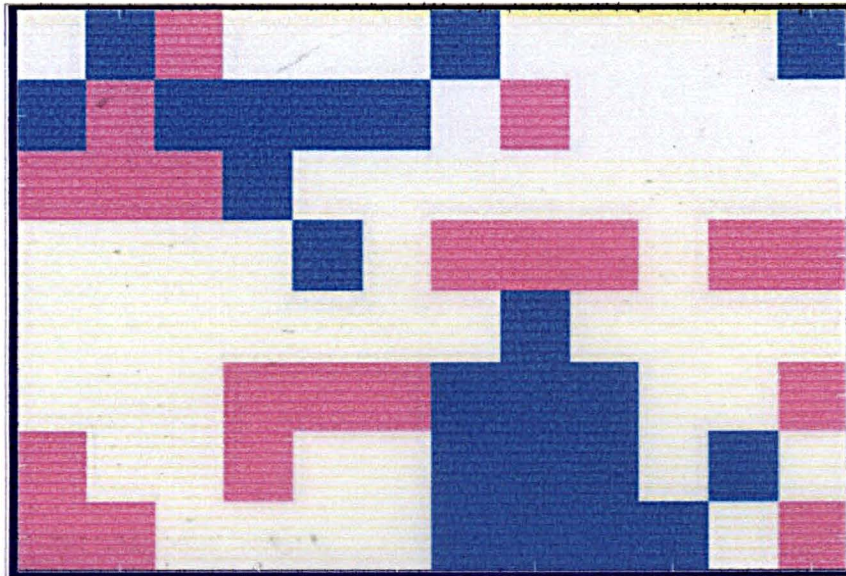
No apêndice (item 7.3) constam algumas informações acerca da avaliação da classificação. De maneira geral, pode-se dizer que a classificação realizada está apta à finalidade proposta.

4.2 AVALIAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DO MÉTODO INDIRETO

Na sequência, são apresentados os resultados obtidos da aplicação do método indireto através dos componentes da paisagem. Os mosaicos provenientes de tal metodologia de avaliação, com 3 classes e 5 classes de qualidade visual da paisagem, são os mostrados nas figuras 12 e 13, respectivamente. As tabelas 10 e 11 e as figuras 14, 15 e 16 mostram os dados numéricos resultantes desta avaliação.

A figura 12, o mosaico com 3 classes, mostra uma predominância de qualidade visual média. Observa-se que as áreas de baixa qualidade visual retratam, principalmente, as áreas agrícolas e de solo exposto, quando comparadas à imagem classificada. Por outro lado, as áreas de alta qualidade estão nos locais onde ocorrem água, mata nativa ou afloramentos de rocha. Extraíndo-se as áreas de alta e baixa qualidade visual, as demais foram classificadas como tendo uma média qualidade visual.

Já a figura 13, o mosaico com 5 classes, mostra que a qualidade visual teve uma melhor avaliação, ficando entre média e média alta a maior parte da área. Percebe-se também, que as quadriculas de alta qualidade visual foram reduzidas, sendo restritas às áreas que realmente têm um diferencial cênico.



Legenda: Classes de Qualidade Visual



Baixa



Média



Alta

FIGURA 12: MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL



IMAGEM LANDSAT

Bandas 3, 4 e 5

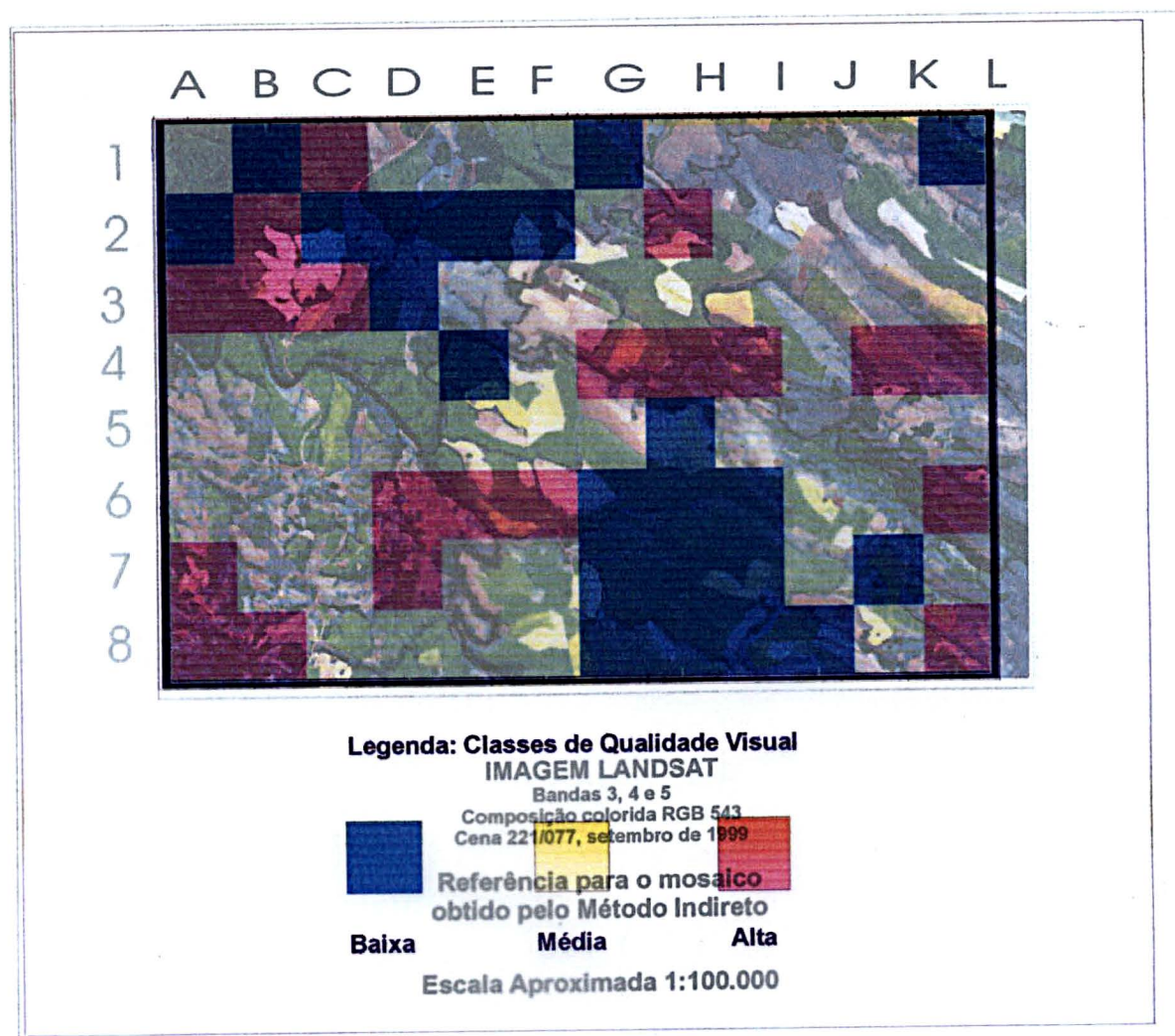
Composição colorida RGB 543

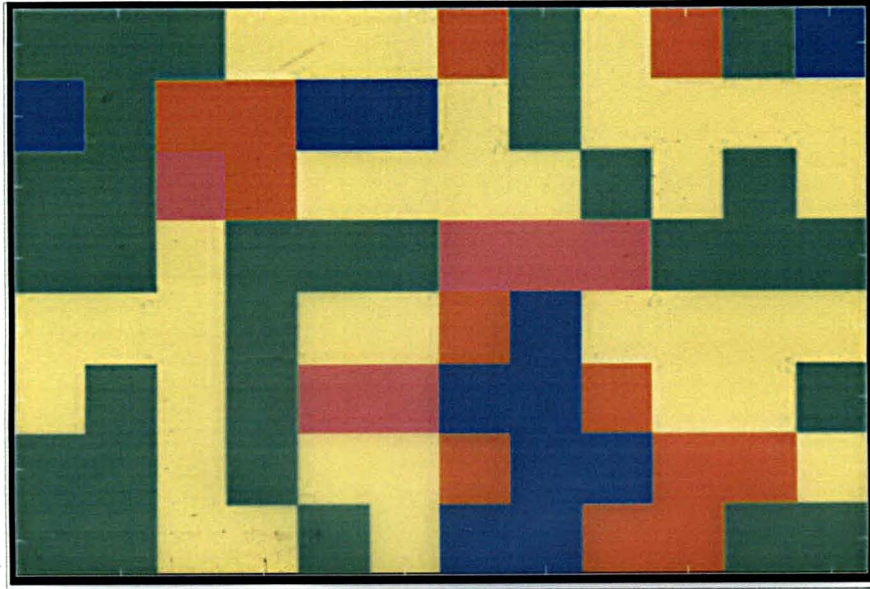
Cena 221/077, setembro de 1999

**Referência para o mosaico
obtido pelo Método Indireto**

Escala Aproximada 1:100.000

FIGURA 12: MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL





Legenda: Classes de Qualidade Visual



Baixa



**Média
Baixa**



Média



**Média
Alta**

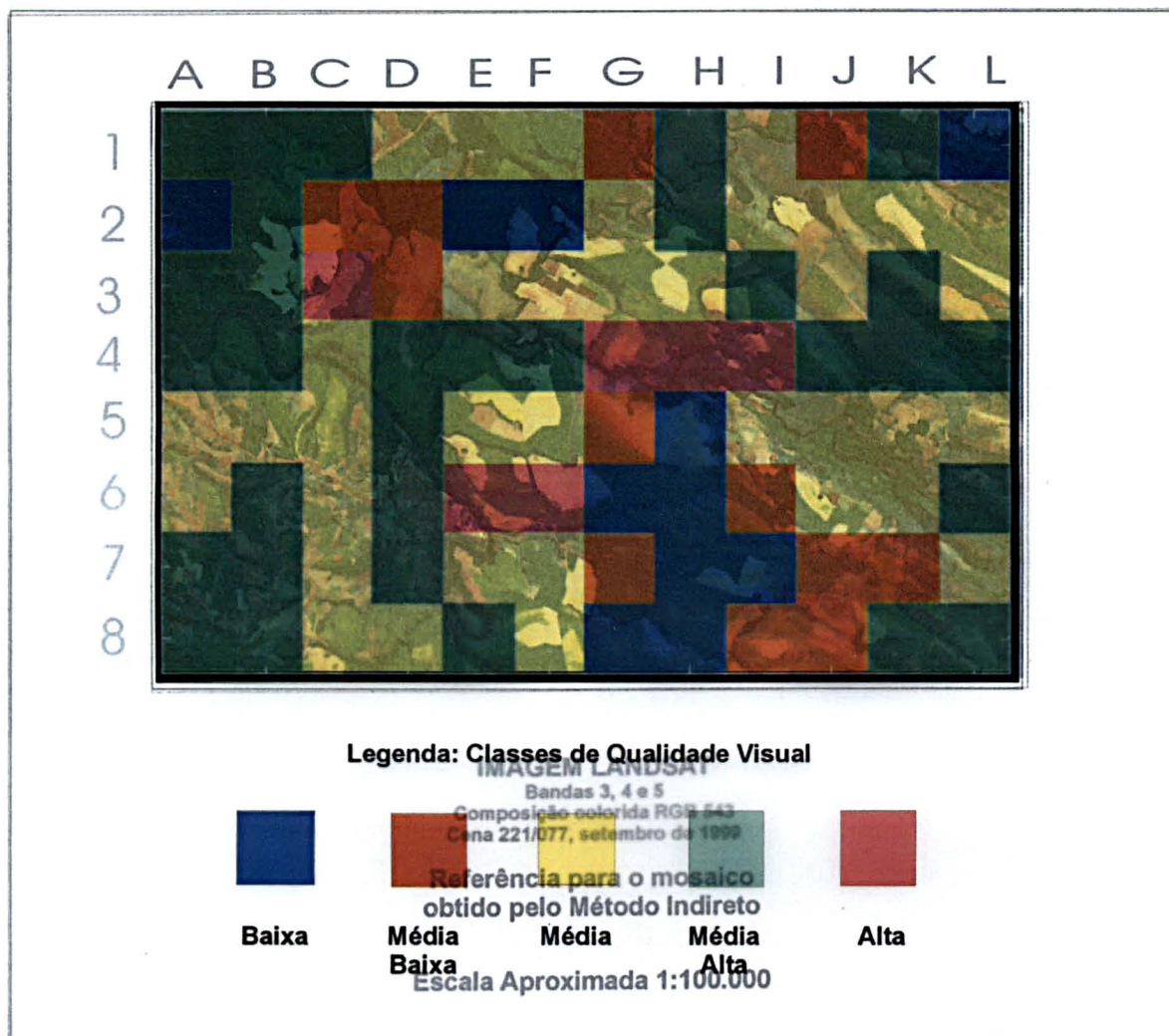


Alta

FIGURA 13: MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL



FIGURA 13: MOSAICO RESULTANTE DO MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL



As tabelas 10 e 11 mostram, respectivamente, os resultados da avaliação da paisagem pelo método indireto através da técnica dos componentes da paisagem com 3 e 5 classes de qualidade visual. Estas tabelas deram origem aos mosaicos anteriormente apresentados (figuras 12 e 13) sendo, portanto, os resultados numéricos desta fase da avaliação da paisagem. Em ambas as tabelas, pode-se constatar o maior número de quadrículas pertencentes à classe média de qualidade visual.

TABELA 10: RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO COM 3 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL

Qualidade Visual	Valores Limites	Quadrículas (em ordem crescente de valor)	N.º de Quadrículas
Baixa	-0,16 a 0,11	A2, E2, H6, I7, H7, G8, F2, H8, L1, H5, G6, I8, J8, D2, I6, K7, C2, G7, G1, D3.	20
Média	0,111 a 0,38	J1, G5, J7, F5, E1, C4, J6, I5, J5, F7, L7, D8, E3, H3, J3, D1, F3, I1, G3, E5, C6, B5, C5, E7, F1, L2, L3, K6, I1, K5, A6, C7, F8, G2, J2, K2, A5, L5, C8, K3, B4, J4, B6, K8, A1, I2, D4, E8, K1, A4, F4, B7, H1, D5, B1, E4.	56
Alta	0,381 a 0,65	C1, D6, H2, A3, D7, B3, K4, L4, B2, B8, L6, A7, A8, L8, H4, I4, G4, F6, C3, E6.	20

TABELA 11: RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO COM 5 CLASSES DE QUALIDADE VISUAL

Qualidade Visual	Valores Limites	Quadrículas (em ordem crescente de valor)	N.º de Quadrículas
Baixa	-0,16 a 0,002	A2, E2, H6, I7, H7, G8, F2, H8, L1, H5, G6, I8, J8.	13
Média Baixa	0,0021 a 0,164	D2, I6, K7, C2, G7, G1, D3, J1, G5, J7	10
Média	0,1641 a 0,326	F5, E1, C4, J6, I5, J5, F7, L7, D8, E3, H3, J3, D1, F3, I3, G3, E5, C6, B5, C5, E7, F1, L2, L3, K6, I1, K5, A6, C7, F8, G2, J2, K2, A5, L5, C8	36
Média Alta	0,3261 a 0,488	K3, B4, J4, B6, K8, A1, I2, D4, E8, K1, A4, F4, B7, H1, D5, B1, E4, C1, D6, H2, A3, D7, B3, K4, L4, B2, B8, L6, A7, A8, L8	31
Alta	0,4881 a 0,65	H4, I4, G4, F6, C3, E6	6

As figuras 14 e 15 mostram, em porcentagem, as ocorrências de cada classe de qualidade visual. Nelas, nota-se que a qualidade visual média é a majoritária em ambas as classificações (3 e 5 classes). A classe de baixa qualidade também é a menor nas duas.

FIGURA 14: GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDA COM O MÉTODO INDIRETO, COM 3 CLASSES

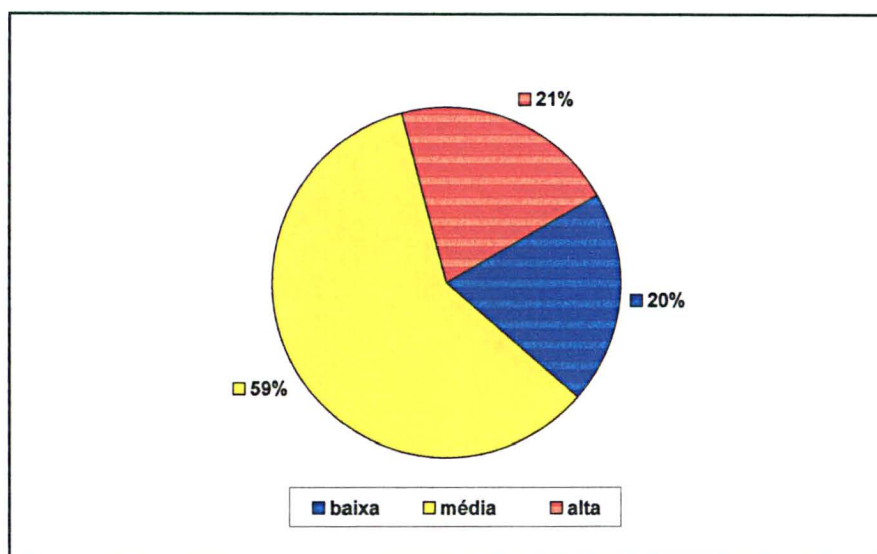
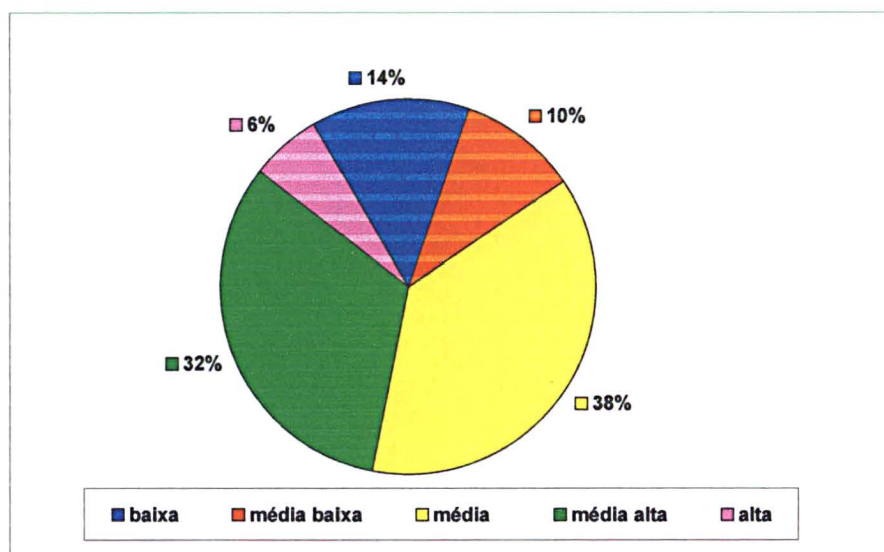


FIGURA 15: GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDA COM O MÉTODO INDIRETO, COM 5 CLASSES



Analisando-se as figuras 14 e 15 e comparando-se as tabelas 10 e 11, pode-se perceber as mudanças ocorridas na classificação das quadrículas. Quando a qualidade visual foi dividida em 5 classes, ocorreram as seguintes alterações: na formação da classe de qualidade média baixa (que possui 10 quadrículas), a classe baixa perdeu 7 quadrículas e a classe média perdeu 3; na formação da classe de qualidade média alta (31 quadrículas), a classe média cedeu 17 e a classe alta perdeu 14 quadrículas. A partir disto, verifica-se que a classe que mais perdeu quadrículas foi a de média qualidade visual, num total de 20 quadrículas. Já a classe de alta qualidade visual cedeu 14 de suas quadrículas, enquanto a classe baixa perdeu apenas 7.

A divisão em 5 classes de qualidade visual proporcionou uma melhor diferenciação da paisagem da região. Principalmente, das áreas classificadas como de alta e média qualidade visual, cujas quadrículas são 76 das 96 analisadas. As classes de baixa e média baixa qualidade visual resultaram com apenas 23 do total de quadrículas. Esta última mudança mostra ainda que a paisagem tem uma melhora na sua classificação visual quando ocorre a divisão em 5 classes, pois 7 das 20 quadrículas de baixa qualidade visual passaram para a classe média baixa. Pode-se ainda dizer que esta redistribuição de classes selecionou também as áreas que realmente têm maior apelo paisagístico, pois das 20 quadrículas de alta qualidade visual da divisão em 3 classes, apenas 6 mantiveram a mesma classificação.

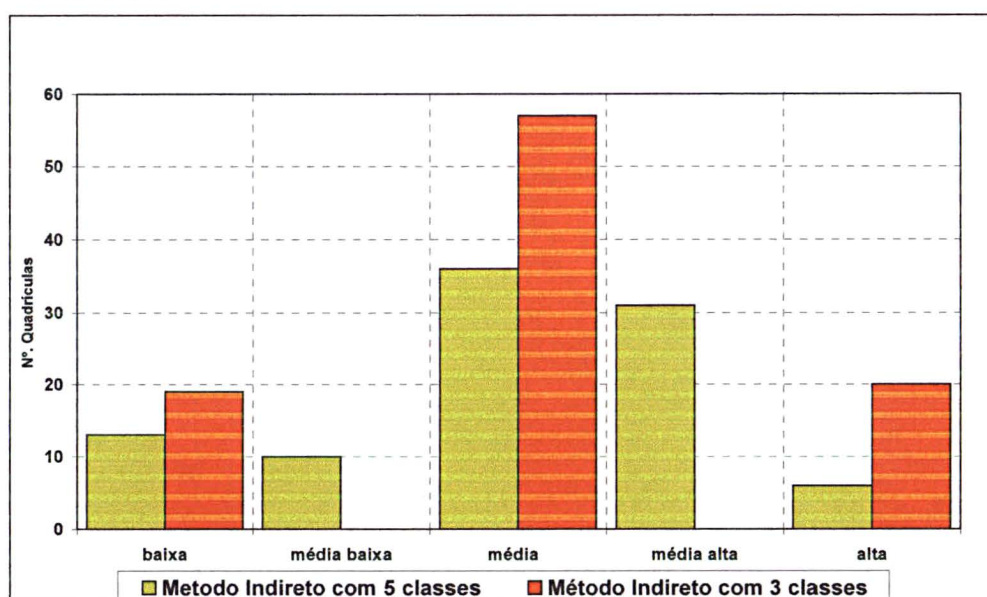
De maneira geral, a alta qualidade visual ocorre nas quadrículas onde estão presentes água, afloramentos rochosos e vegetação nativa. As classes intermediárias (média baixa, média e média alta) são compostas basicamente das áreas agrícolas combinadas com campos/pastagens, elevando a qualidade e com reflorestamento e solo exposto, denegrindo a mesma. Já as áreas de baixa qualidade são advindas principalmente das áreas de solo nu. No item Anexos, pode-se verificar as valores

obtidos para cada quadrícula em todos os critérios analisados na avaliação pelo método indireto.

A aplicação do método indireto foi muito mais minuciosa na determinação de cada classe de qualidade visual. Aspectos como relevo e hidrografia tiveram primordial papel na valoração de cada quadrícula, além do contexto da vegetação, que domina a superfície da área analisada. A divisão da qualidade visual em 5 classes permitiu uma maior apreciação dos nuances entre as classes, evidenciando melhor tanto os aspectos positivos quanto os negativos da paisagem.

A figura 16 mostra o gráfico da comparação entre o número de quadrículas pertencentes a cada classes de qualidade visual nos dois resultados obtidos pelo Método Indireto, com 3 e 5 classes. Em ambos os casos, a classe média obteve o maior número de quadrículas. Percebe-se ainda que a classe alta foi a que mais perdeu quadrículas quando foi dividida em 5 classes. Este fato mostra que, pelos critérios e valores empregados, estas quadrículas representam os locais de maior relevância em termos paisagísticos. No entanto, esta questão é dependente do detalhamento que se tem nas fontes de análise (mapas temáticos, imagem).

FIGURA 16: GRÁFICO COMPARATIVO DO NÚMERO DE QUADRÍCULAS DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO COM 3 E 5 CLASSES



Embora o método indireto também tenha um aspecto subjetivo, pois na valoração das quadriculas estão implícitas as tendências do avaliador, as variações que ocorrem quando da divisão e classificação dos resultados não são drásticas, como poderia acontecer com outras metodologias de valoração da paisagem. Por exemplo, uma quadricula que tenha sido classificada como de baixa qualidade visual não poderá ser tida como de alta qualidade na mesma avaliação, podendo apenas permanecer na mesma classe ou passar para a imediatamente superior na divisão em um maior número de classes. Já em se tratando de um outro método que não o indireto, onde se tem uma maior participação do subjetivismo, uma mesma área poderia ter sua qualidade visual variando de um extremo ao outro, ou seja, de baixa à alta ou vice-versa.

4.3 AVALIAÇÃO DA PAISAGEM ATRAVÉS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

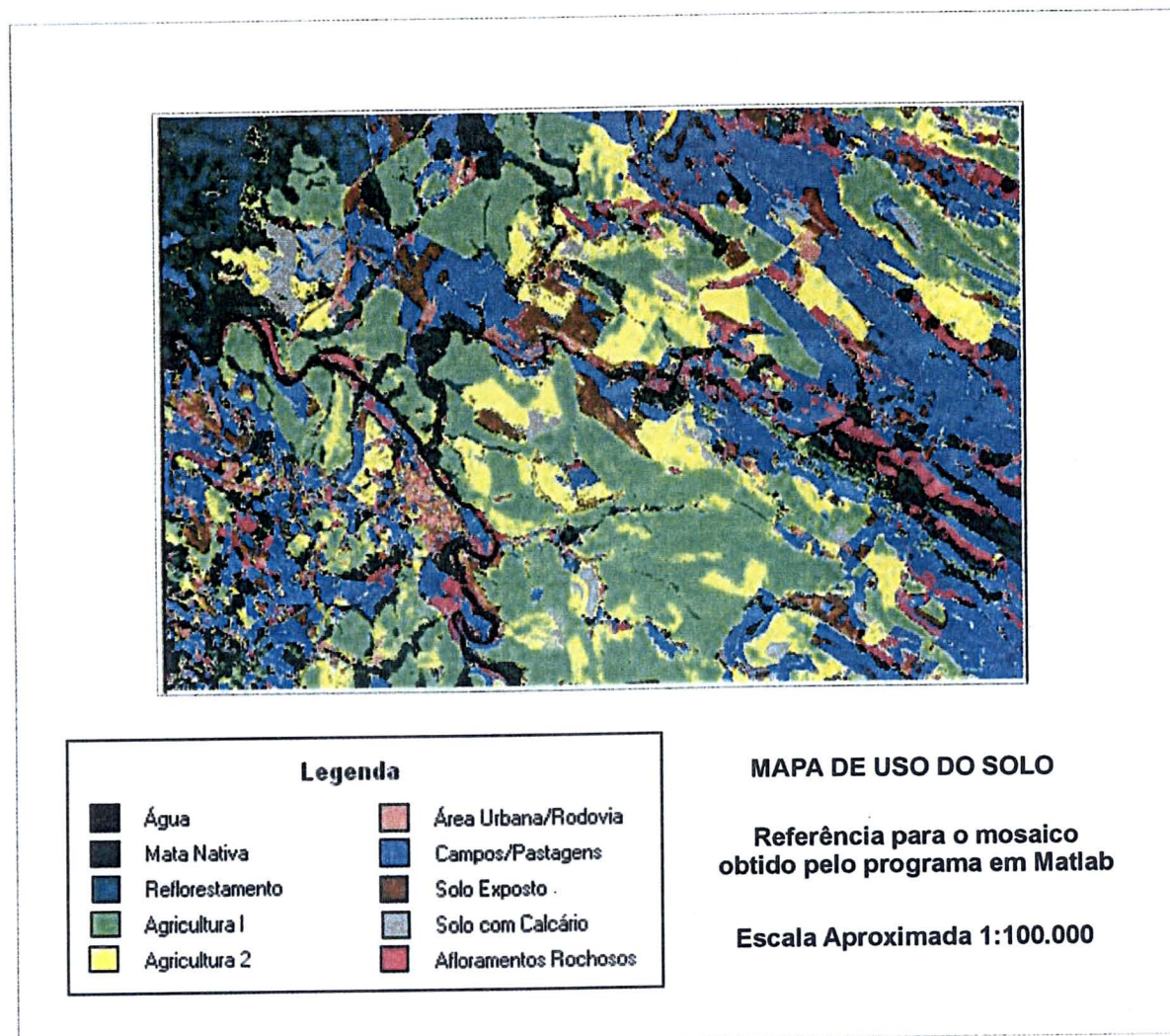
As figuras 17, 19 e 21, mostram, nesta ordem, os mosaicos obtidos através da rotina computacional MATLAB para avaliação da paisagem pelos critérios da combinação de elementos, composição da paisagem e diversidade paisagística, com uma quadrícula de avaliação de aproximadamente 4 Km² (67 por 67 *pixels*), equivalente à quadrícula empregada na aplicação do método indireto de avaliação.

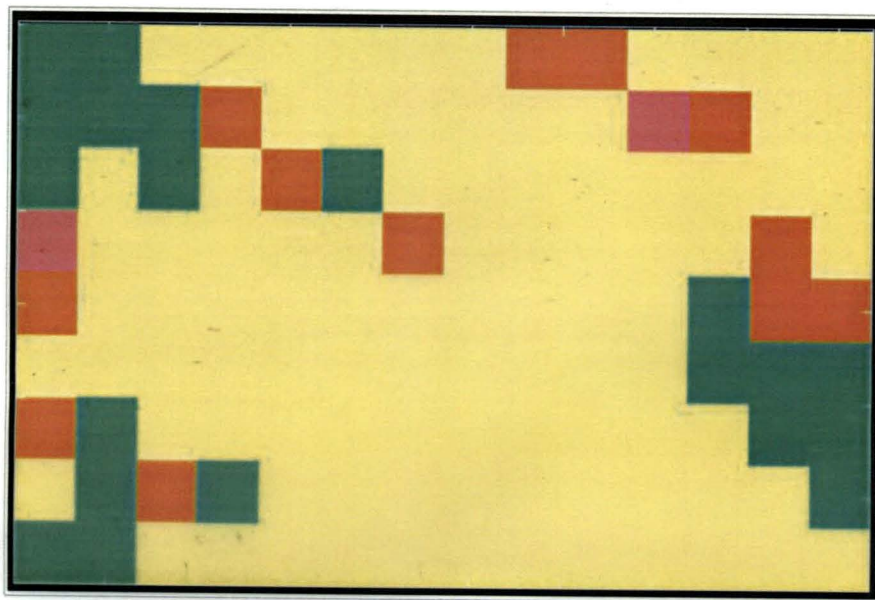
4.3.1 Programa em MATLAB através do Uso do Critério da Combinação de Elementos da Paisagem

O resultado obtido com o critério da combinação de elementos, mostrado na figura 17, foi o que mais se assemelhou ao obtido pelo método indireto (figuras 12 e 13). Neste resultado, observa-se que qualidade visual média domina a área da imagem. Analisando-se as tabelas 6 e 7, que mostram os valores de cada classe e as combinações entre elas e seus respectivos valores e a imagem classificada (mapa de uso do solo - figura 10), pode-se ver que o resultado é coerente, pois as classes de maior ocorrência na área de estudo são as de agricultura I e II, área urbana/rodovia e suas combinações, principalmente com campos/pastagens, que geram valores que caracterizam a classe média de qualidade visual (ver item 3.3). O mesmo raciocínio leva a constatar as demais classes: a alta qualidade visual resultou da combinação de água e mata nativa nas duas quadrículas desta classe presentes; as áreas de qualidade visual média alta vêm da ocorrência combinada de campos/pastagens com afloramentos rochosos, mata nativa ou água com reflorestamento, e mata nativa com pastagens; por último, a classe média baixa ocorreu onde solo exposto, solo com calcário e suas combinações com agricultura I ou II e campos/pastagens. A ausência

da classe de baixa qualidade visual resulta da não ocorrência da combinação solo exposto e solo com calcário ou da presença única de um desses tipos de cobertura dentro da área da quadrícula, que representariam um valor visual qualitativamente baixo. A figura 17, mostra o mosaico resultante da rotina computacional em MATLAB para avaliação da paisagem pelo critério da combinação de elementos.

FIGURA 17: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS





Legenda: Classes de Qualidade Visual



Baixa



**Média
Baixa**



Média

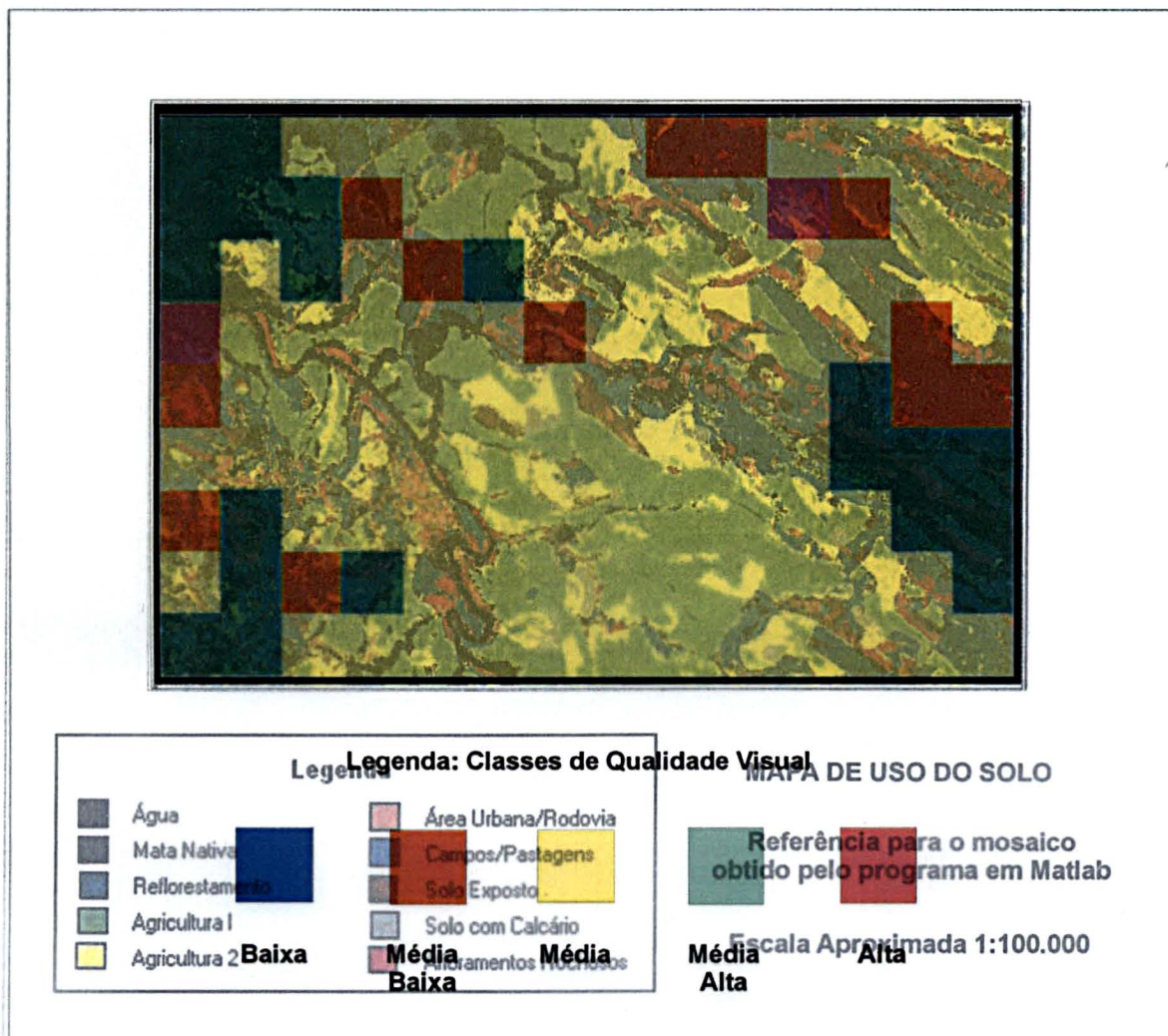


**Média
Alta**



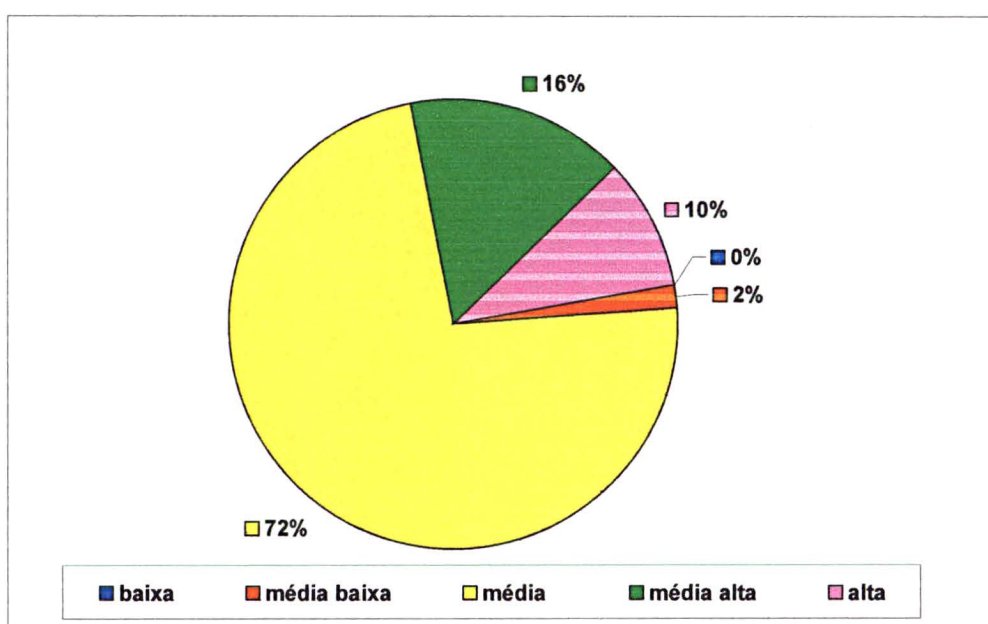
Alta

FIGURA 17: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS



A figura 18 mostra o gráfico da porcentagem de cada classe de qualidade visual, obtida pelo programa através do critério da combinação de elementos. Evidencia-se neste gráfico, que a qualidade visual da paisagem da região de estudo pode ser tida com boa, pois ela tem nas classes média, média alta e alta, a maior parte de sua área.

FIGURA 18: GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS



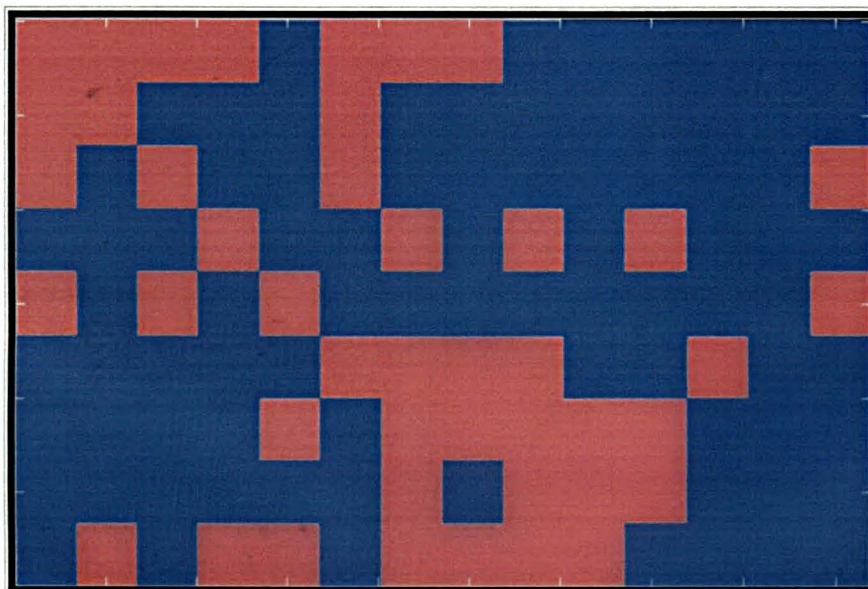
4.3.2 Programa em MATLAB através do Uso do Critério dos Componentes da Paisagem

O critério que utiliza os componentes da paisagem gerou como resultado um mosaico, mostrado na figura 19, onde apenas as duas classes extremas de qualidade visual foram representadas (alta e baixa). Tal fato deve-se a presença somente dos componentes vegetação e outras coberturas, uma vez que o componente água ocorre em pouca quantidade, ou seja, é pouco expressivo em termos de ocorrência em relação aos demais.

Verificando-se as tabelas 7 e 8, percebe-se que o maior valor para a qualidade visual em função dos componentes seria advindo da ocorrência apenas do componente de água ou de sua associação à vegetação. No entanto, comparando-se o resultado obtido pelo programa com a imagem classificada, nota-se que não há a ocorrência somente do componente água em nenhuma das quadrículas avaliadas. Isto leva a crer que o maior valor para a qualidade visual mostrado neste resultado advém da ocorrência apenas do componente vegetação e/ou da associação do componente água à vegetação. O mesmo princípio permite dizer que o menor valor de qualidade resultante não vem apenas da presença da componente terra (ou outras coberturas), mas sim de suas associações com os demais componentes.

Este resultado que mostra apenas duas classes de qualidade visual evidencia que houve uma simplificação da paisagem da região quando foi aplicado este critério, que agregou em apenas 3 componentes uma grande variedade de elementos. Não obstante, os componentes foram reunidos de forma desproporcional quali e quantitativamente, pois enquanto o componente água engloba apenas o elemento água, representado pela classe corpos d'água, o componente vegetação absorve as áreas agrícolas, de vegetação nativa, reflorestamentos e de campos/pastagens. E, por último, o componente outras coberturas agrega elementos diferentes como solo exposto e afloramentos rochosos, de valores individuais de qualidade opostos, com as áreas urbanas, o que por si só já promove uma errônea valoração deste componente.

De maneira geral, a rotina computacional que avalia a paisagem a partir dos componentes da paisagem não apresentou um resultado esperado e tampouco refletiu a realidade quando comparado à imagem classificada que o originou. Esta falha deve-se à elaboração do critério, à sua programação e à sua aplicação na área de estudo, que é composta quase que exclusivamente do componente vegetação.



Legenda: Classes de Qualidade Visual



Baixa



**Média
Baixa**



Média

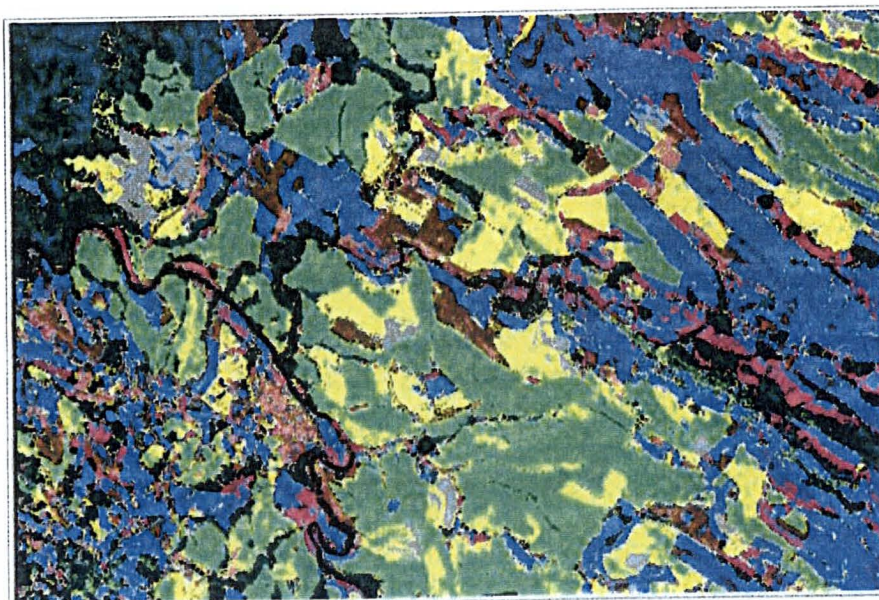


**Média
Alta**



Alta

FIGURA 19: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM



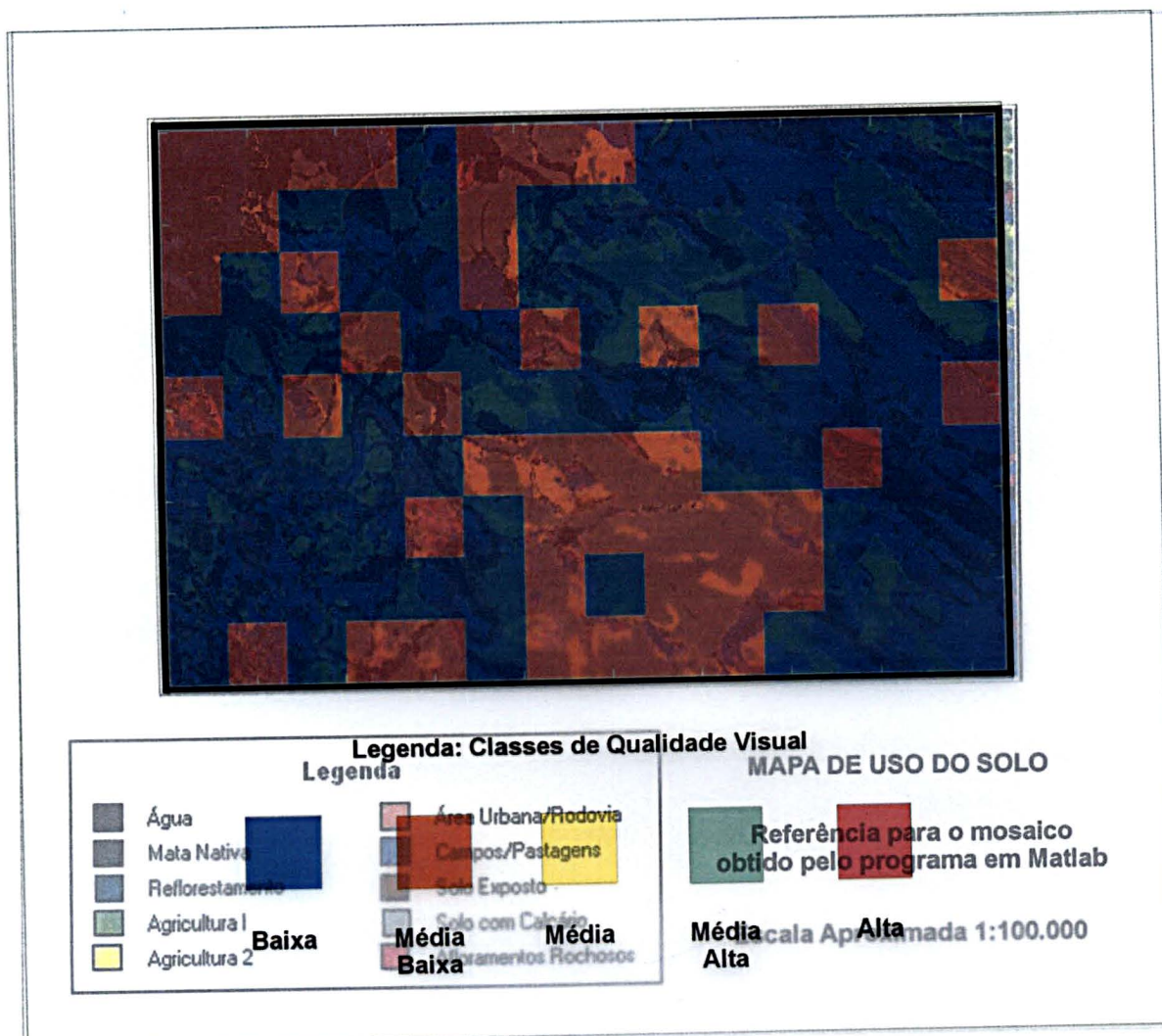
Legenda	
Água	Área Urbana/Rodovia
Mata Nativa	Campos/Pastagens
Reflorestamento	Solo Exposto
Agricultura 1	Solo com Calcário
Agricultura 2	Afloramentos Rochosos

MAPA DE USO DO SOLO

Referência para o mosaico
obtido pelo programa em Matlab

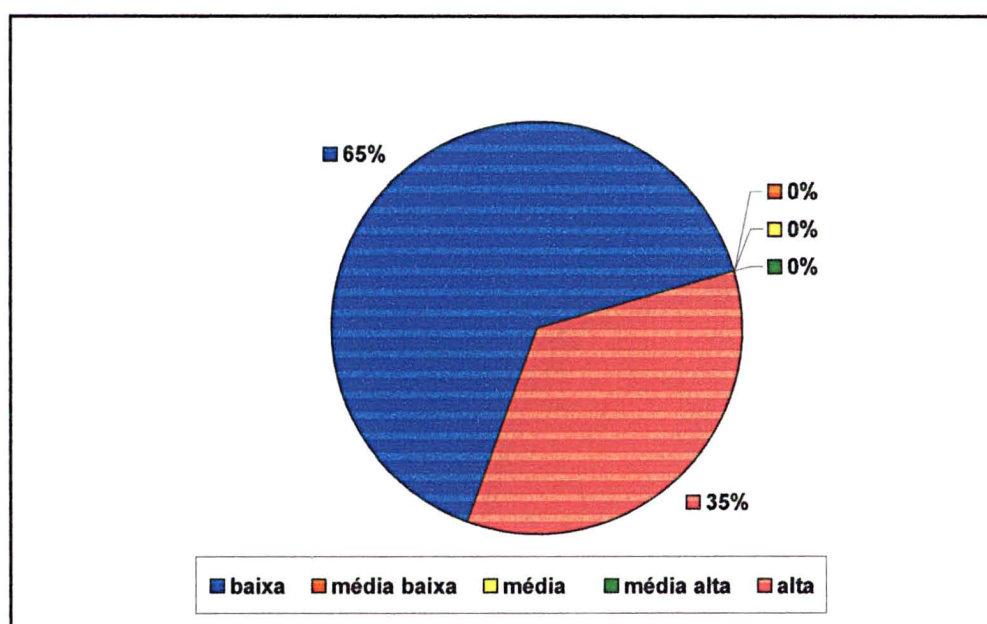
Escala Aproximada 1:100.000

FIGURA 19: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM



A figura 20 mostra o gráfico que representa a porcentagem de cada classe de qualidade visual do resultado obtido com o critério dos componentes da paisagem. Neste gráfico observa-se que a maior parte da área de estudo está enquadrada como de qualidade visual baixa, segundo o critério empregado. Observa-se também a não ocorrência das classes intermediárias de qualidade visual, que foram suprimidas entre as duas extremas, devido à agregação dos elementos em apenas 3 componentes, sendo uma delas (água) de pouca expressividade.

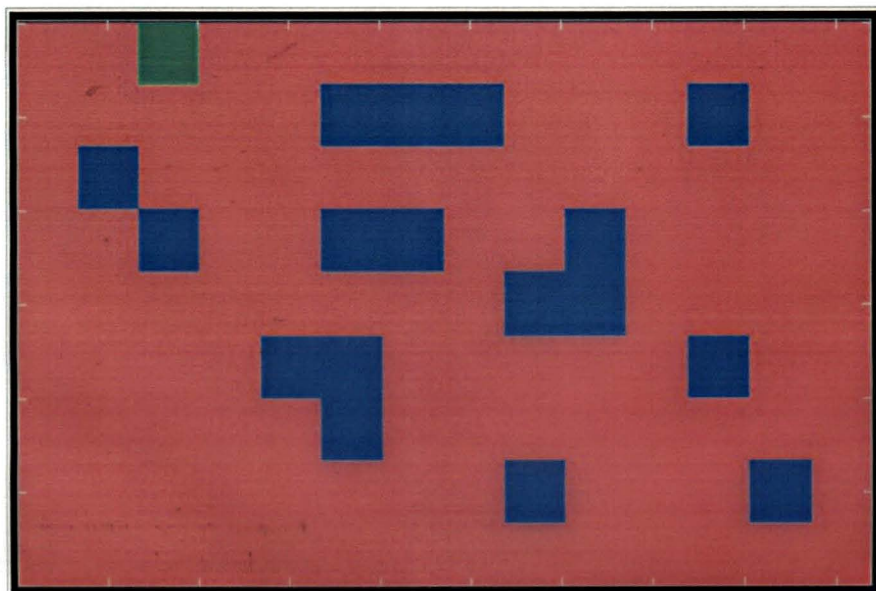
FIGURA 20: GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM



4.3.3 Programa em MATLAB através do Uso do Critério da Diversidade Paisagística

A diversidade paisagística resultou um mosaico onde a alta qualidade visual é a classe dominante. Este resultado é mostrado na figura 21. O critério da diversidade não leva em conta as diferentes coberturas da superfície nem suas possíveis combinações, mas sim a ocorrência do maior número destas diferentes coberturas dentro da quadrícula analisada. Neste mosaico, visto na figura 21, observa-se que as áreas de menor qualidade visual coincidem com a localização de áreas onde há a ocorrência de apenas um ou dois tipos de cobertura, como por exemplo a parte que engloba a área urbana e algumas que pertencem à agricultura. A grande quantidade de quadrículas de alta qualidade advém de duas causas principais: a própria diversidade e fragmentação da paisagem da região; e a área da quadrícula de avaliação empregada (4 Km^2), que permite que haja espaço suficiente para a ocorrência de diversas coberturas em seu interior.

Uma única quadrícula representou a classe média alta de qualidade visual. Isto porque, provavelmente, na área abrangida por esta quadrícula o número de classes (diferentes coberturas) tenha sido menor na contagem realizada pelo programa, que atribuiu então, para ela, um valor menor de qualidade. Mesmo a região de entorno possuindo características muito semelhantes (o que pode ser visto na imagem classificada), na área desta quadrícula uma dessas coberturas não está presente, logo, na classificação o número de coberturas presentes não permitiu que a quadrícula recebesse o valor máximo estipulado para a alta qualidade visual.



Legenda: Classes de Qualidade Visual



Baixa



**Média
Baixa**



Média



**Média
Alta**



Alta

FIGURA 21: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.

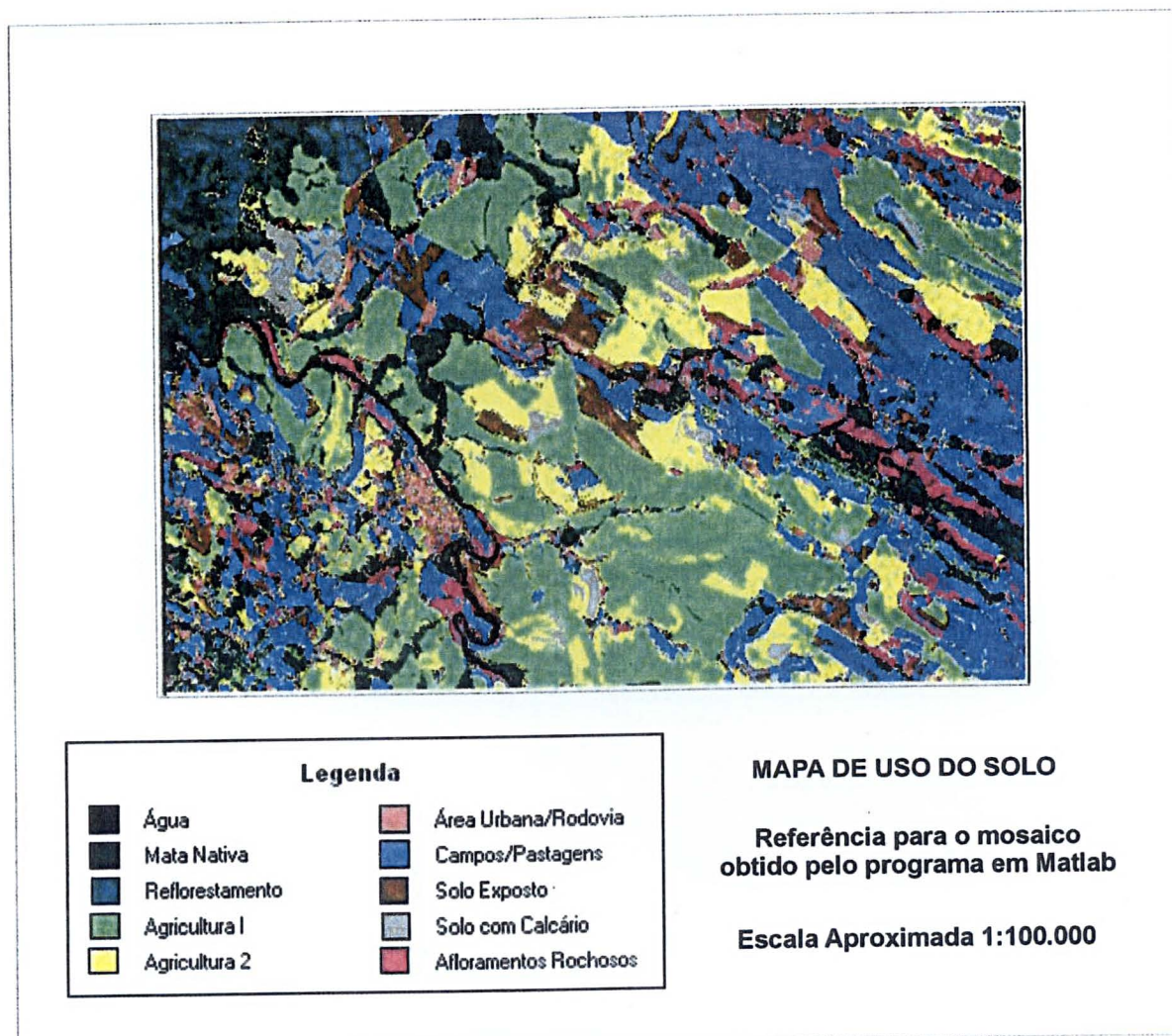
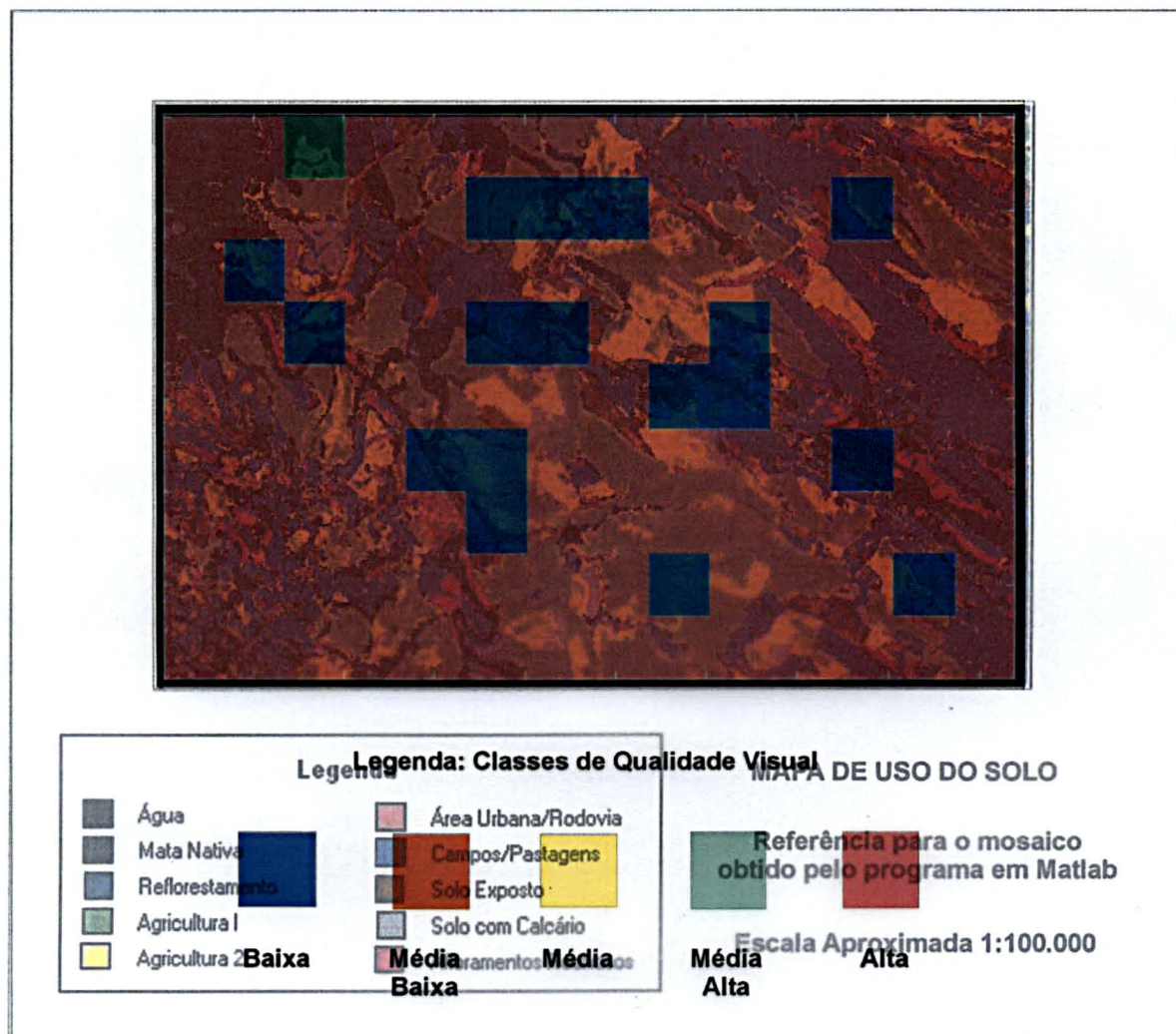
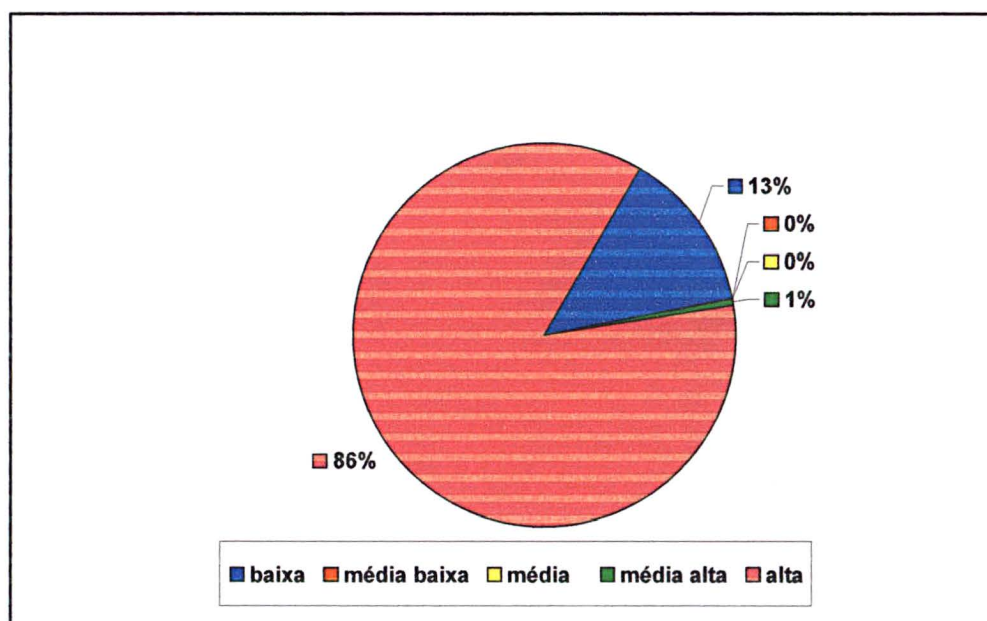


FIGURA 21: MOSAICO OBTIDO PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.



A figura 22 mostra o gráfico da área ocupada pela classe de alta qualidade visual que é, de fato, majoritária. Pelo critério da diversidade, portanto, a paisagem da área de estudo pode ser tida como de alta qualidade visual. Observa-se que é muito pequena a porcentagem da classe média alta, pois apenas uma quadricula recebeu esta classificação de qualidade. Há que se verificar também a não ocorrência das classes de qualidade média e média baixa, devido a grande fragmentação da paisagem, que permitiu que a maior parte da região fosse classificada com grande valor de diversidade. Por último, verifica-se ainda que restaram para a classe de baixa qualidade apenas as áreas uniformes, onde ocorre apenas um tipo de cobertura.

FIGURA 22: GRÁFICO DA PORCENTAGEM DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDA PELO PROGRAMA EM MATLAB ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA



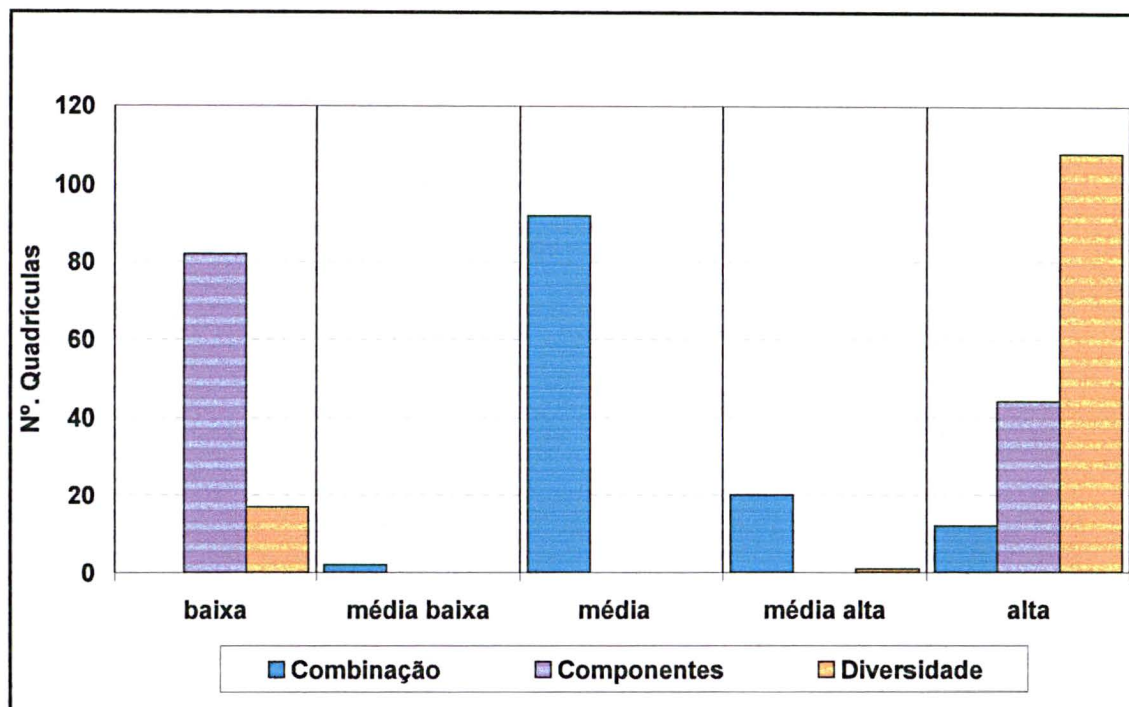
4.3.4 Comparação dos Critérios Utilizados no Programa Computacional

O gráfico da figura 23 mostra uma comparação entre o número de quadriculas pertencentes a cada classe de qualidade visual, em cada um dos três critérios adotados no programa. Observa-se que a classe com maior número de quadriculas é diferente em cada critério empregado.

A combinação de elementos obteve um maior número de quadriculas classificadas como de média qualidade visual e, através deste critério, não houve ocorrência da classe baixa. O critério dos componentes da paisagem, que dividiu a área analisada apenas nas duas classes extremas de qualidade visual, teve maior número de quadriculas na classe de baixa qualidade visual. Já através da diversidade paisagística, a quantidade maior de quadriculas está na classe alta de qualidade visual.

Analisando-se o gráfico (figura 23), observa-se que em cada um dos 3 critérios empregados a classe com o maior número de quadriculas foi diferente, o que mostra a singularidade e diferença de cada um. Observa-se também que em nenhum dos critérios ocorreram as 5 classes de qualidade visual estabelecidas. E ainda, pode-se perceber que foi a combinação de elementos que promoveu a melhor distribuição das quadriculas nas classes

FIGURA 23: GRÁFICO COMPARATIVO DO NÚMERO DE QUADRÍCULAS DE CADA CLASSE DE QUALIDADE VISUAL OBTIDO COM CADA CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA PAISAGEM EMPREGADO NO PROGRAMA EM MATLAB

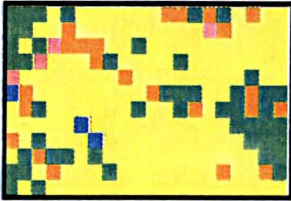
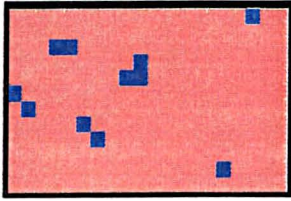
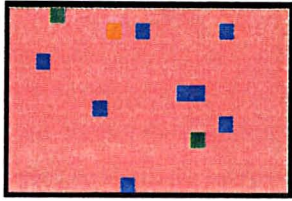
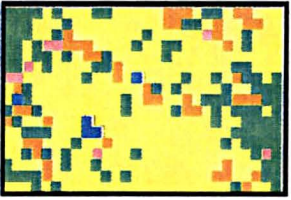
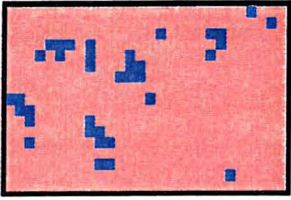
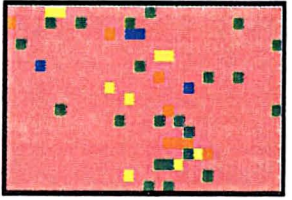
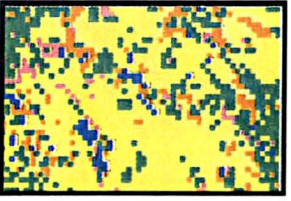
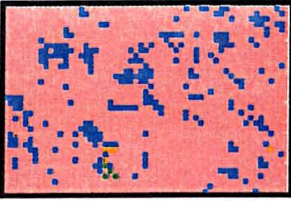
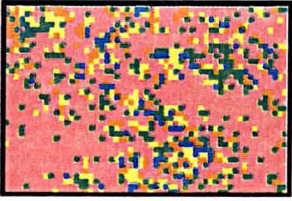


4.4 TESTE COM O PROGRAMA EM MATLAB PARA A AVALIAÇÃO DA PAISAGEM COM DIFERENTES TAMANHOS DE QUADRÍCULAS






O mesmo programa desenvolvido em ambiente MATLAB foi testado para outras dimensões de quadrícula (ou unidades de avaliação). A tabela 12 mostra os resultados gráficos obtidos com o programa elaborado para a avaliação da paisagem, segundo os critérios da combinação de elementos, componentes e diversidade da paisagem. O programa foi empregado para avaliar a imagem classificada (figura 8) a partir de diferentes dimensões da quadrícula (ou máscara) de avaliação, que foram as seguintes: quadrícula de 49 por 49 *pixels*¹⁸, aproximadamente equivalente a 2 Km² de área no terreno; quadrícula de 35 por 35 *pixels*, aproximadamente 1 Km²; e quadrícula de 17 por 17 *pixels*, que equivale aproximadamente a 0,26 Km² de área *in loco*.

¹⁸ Um *pixel* na imagem Landsat TM 5 equivale a 30 metros no terreno.

TABELA 11: RESUMO DOS RESULTADOS DO PROGRAMA EM MATLAB PARA VALORAÇÃO DA PAISAGEM.

Dimensões da Quadrícula	Combinação de Elementos	Componentes da Paisagem	Diversidade da Paisagem
49x49 = 2401 <i>pixels</i> aprox. 2 Km ²			
35x35 = 1225 <i>pixels</i> aprox. 1 Km ²			
17x17 = 289 <i>pixels</i> aprox. 0,26 Km ²			

LEGENDA - QUALIDADE VISUAL

				
BAIXA	MÉDIA BAIXA	MÉDIA	MÉDIA ALTA	ALTA

O critério da combinação de elementos, que leva em conta quais as classes da imagem original que estão contidas dentro da quadrícula de avaliação e suas combinações, mostrou uma grande variação de resultado nas três dimensões de quadrículas empregadas. No resultado com a quadrícula de dimensões 17 por 17 *pixels*, a qualidade visual da paisagem em geral ficou mais baixa, devido à área

abrangida pela quadrícula, que diminuí o número de classes envolvidas no processo de combinação. A quadrícula de dimensão aproximada de 1 Km² (35 por 35 *pixels*) mostra uma visível diferença no resultado em relação à de 17 por 17 *pixels*, pois a área é praticamente o dobro da primeira e isto dá uma maior possibilidade de combinação das classes contidas nela. A área de 2 Km², obtida a partir das dimensões de 49 por 49 *pixels*, foi o resultado que mais se aproximou do resultado obtido pela aplicação do método indireto (figura 13). Esta dimensão (49 por 49 *pixels*) gerou um resultado onde podem ser percebidos dois pontos que merecem destaque: primeiro, é que algumas regiões têm qualidade similar tanto na imagem resultante do programa quanto na obtida pela técnica tradicional de avaliação, como por exemplo, a grande área de qualidade média promovida pelas áreas de agricultura extensiva, enquanto que outras são praticamente opostas, ou seja, tem uma classe de qualidade diferente nas duas maneiras empregadas na avaliação, o que pode ser visto nas regiões com ocorrência de afloramentos rochosos; e o segundo ponto, é que a área avaliada permite uma simplificação da paisagem, pois o critério empregado no programa avalia a quadrícula em função dos dois elementos que ocorrem com maior frequência, e foi o motivo pelo qual houve diferença entre os resultados do programa e da metodologia tradicional. Sendo assim, uma área que a princípio teria uma qualidade alta devido a vários elementos presentes, pode ter esta qualidade desvalorizada se os dois elementos mais frequentes têm uma expressão visual mais baixa. Logo, para este critério, quanto maior a área abrangida, maior será a chance de que a quadrícula seja erroneamente avaliada, tanto para uma qualidade maior quanto para menor.

O critério dos componentes da paisagem gerou os resultados menos atrativos do ponto de vista da diferenciação de classes. Nas três dimensões de quadrículas empregadas as classes de qualidade da paisagem se resumiram praticamente a duas, podendo ser ditas apenas áreas de boa ou ruim qualidade

visual. Este resultado provém de uma falha na concepção do critério de avaliação, pois o mesmo foi baseado nos componentes gerais de uma paisagem, não se levando em conta o aspecto local. Tal falha evidencia-se da seguinte maneira: o programa avalia a quadrícula primeiro contando os elementos ocorrentes e depois os agrupa em seus componentes para então, dar um valor à qualidade da paisagem da quadrícula, em função do maior componente presente ou da combinação dos dois de maior ocorrência. O agrupamento se dá em apenas três classes, água, vegetação e outras coberturas (que incluem área urbana, afloramentos rochosos e solo exposto). Como a região de estudo é essencialmente agrícola e conta com grande cobertura vegetal, o componente vegetação se sobressai aos demais. Os elementos agricultura I e II, mata nativa, reflorestamento, campos e pastagens foram reunidos no componente vegetação. O componente água teve pouca expressão, pois advém apenas do elemento corpos d'água que, apesar de estar presente em boa parte da área-teste, não ocorre de forma a ter uma quadrícula totalmente ocupada por ele. Mesmo havendo um rio de grande porte cruzando uma quadrícula, quase sempre outro elemento ocorre com maior frequência na mesma. Já o componente "outras coberturas" engloba elementos muito diferenciados, o que acabou por prejudicar a avaliação da qualidade da paisagem, uma vez que representa tudo o que não é água ou vegetação. Outro aspecto notado nos resultados é a grande diferença entre as três dimensões de quadrícula empregadas. Na menor das quadrículas (17 por 17), o valor de qualidade foi quase que exclusivamente em função do componente de maior ocorrência, o que, pela forma que o programa foi desenvolvido, quer dizer que grande parte das quadrículas desta dimensão tem um componente que ocupa mais de 85% de sua área. O resultado obtido com a quadrícula de 35 por 35 *pixels* focalizou as áreas onde o componente terra é mais expressiva. Já a área de 2 km², vinda da dimensão de 49 por 49 *pixels*, privilegiou a associação entre componentes, o que diferenciou muito este resultados dos demais deste mesmo critério. A área maior

permitiu que dois componentes pudessem ser combinados dando um valor diferente à mesma região, que nas outras dimensões menores tinham uma qualidade diferente.

A diversidade da paisagem é um critério que mostrou um resultado diferente dos demais. Esta diferença era esperada, pois na concepção deste critério, a paisagem é avaliada unicamente em função da variedade de elementos presentes dentro da quadrícula, não importando se o elemento por si só ou combinado, teria um ou outro valor de qualidade visual. As variações de resultado entre as três dimensões deveram-se efetivamente pelo próprio fator dimensão. A quadrícula de 17 por 17 *pixels* gerou a melhor representação dos locais com maior variedade de elementos presentes na área. Na quadrícula de 35 por 35 *pixels*, evidenciam-se as áreas de grande diversidade e que estão próximas às áreas de alta qualidade vistas no resultado obtido pela metodologia tradicional. Já a quadrícula de área aproximada a 2 Km², apresenta no seu resultado as grandes zonas menos diversificadas da paisagem da área teste, ou seja, as áreas onde a diversidade não é o grande fator que determina a paisagem local.

4.5. MAPAS DE QUALIDADE DA PAISAGEM

Nos mapas de qualidade visual da paisagem obtidos a partir dos mosaicos advindos da aplicação do método indireto (figuras 12 e 13) e do programa em ambiente MATLAB (figuras 17, 19 e 21), observam-se vários aspectos característicos de cada tipo de avaliação empregada. Os dois mapas resultantes da metodologia tradicional mostram as diferenças no que tange ao número de classes empregadas e a variação na qualidade visual que esta diferenciação representa. Já os mapas que resultaram do programa computacional apresentam maneiras diferentes de valorar a paisagem, baseadas em critérios não convencionais, ou seja, critérios que não são usados nas metodologias tradicionais de avaliação da paisagem.

Os mapas de qualidade visual mostrados nas figuras 24, 25 27, 28 e 29, produzidos a partir da interpretação dos mosaicos resultantes do programa e da avaliação indireta, mostram os detalhes dos limites físicos das área de cada de qualidade visual. Nestes mapas, tentou-se delinear as linhas que configuram a paisagem local de maneira a localizar e delimitar as regiões com uma ou outra qualidade visual. Apesar de se trabalhar com valores e critérios definidos e, portanto, com objetividade, a interpretação e representação do mapa de qualidade visual têm muito o fator subjetividade, uma vez que dependem do avaliador para traçar os limites físicos da qualidade representada por cada quadricula.

4.5.1 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Método Indireto, com 5 Classes

A avaliação pelo método indireto através da técnica dos componentes da paisagem produziu como resultado os mapas mostrados nas figuras 24 e 25. Os mosaicos resultantes da aplicação do método indireto de avaliação (figura 12 e 13),

por conterem um número maior de informações de cada quadrícula, mostram todas as classes de qualidade visual de paisagem estabelecidas e, portanto, os mapas deles resultantes apresentam uma paisagem bem variada. Neste caso, as áreas de qualidade visual devem-se ao somatório do valor das características de cada quadrícula em cada fonte de avaliação (mapa de vegetação, cartas topográficas e imagem). Logo, é evidente que esta forma de avaliação ocorreu de uma maneira mais detalhada, resultando em um mosaico mais diversificado.

No mapa de qualidade visual obtido pelo método indireto com 5 classes (figura 24), observa-se que as áreas de baixa qualidade visual ocorrem em locais onde existem principalmente solo exposto e agricultura extensiva. Da mesma forma, as classes de qualidade média baixa, com o acréscimo de valor qualitativo devido à presença de água e vegetação nativa. Já as áreas de qualidade mediana devem-se às áreas agrícolas e de área urbana e rodovias. A qualidade visual média alta é representada pelas áreas onde o relevo é mais acentuado, ou seja, nas proximidades do *canyon* do Guartelá e na região Sudeste da área de estudo, onde ocorrem serras e morros isolados. Também a vegetação de grande porte e a presença de corpos d'água foram responsáveis pela qualidade visual média alta. Por último, as áreas de alta qualidade visual foram advindas, principalmente, da existência de rios, vegetação natural e alguns elementos pontuais, como afloramentos de rochas e intervenções antrópicas, no caso, pontes que permitem uma bela vista do seu entorno e, com isso, contribuem para alta na qualidade visual.

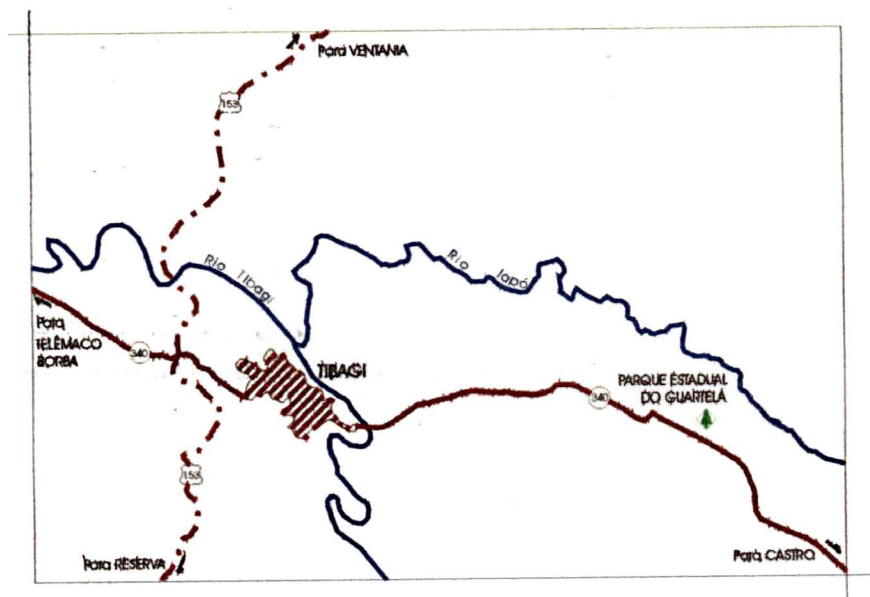


FIGURA 24: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO
OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 5 CLASSES

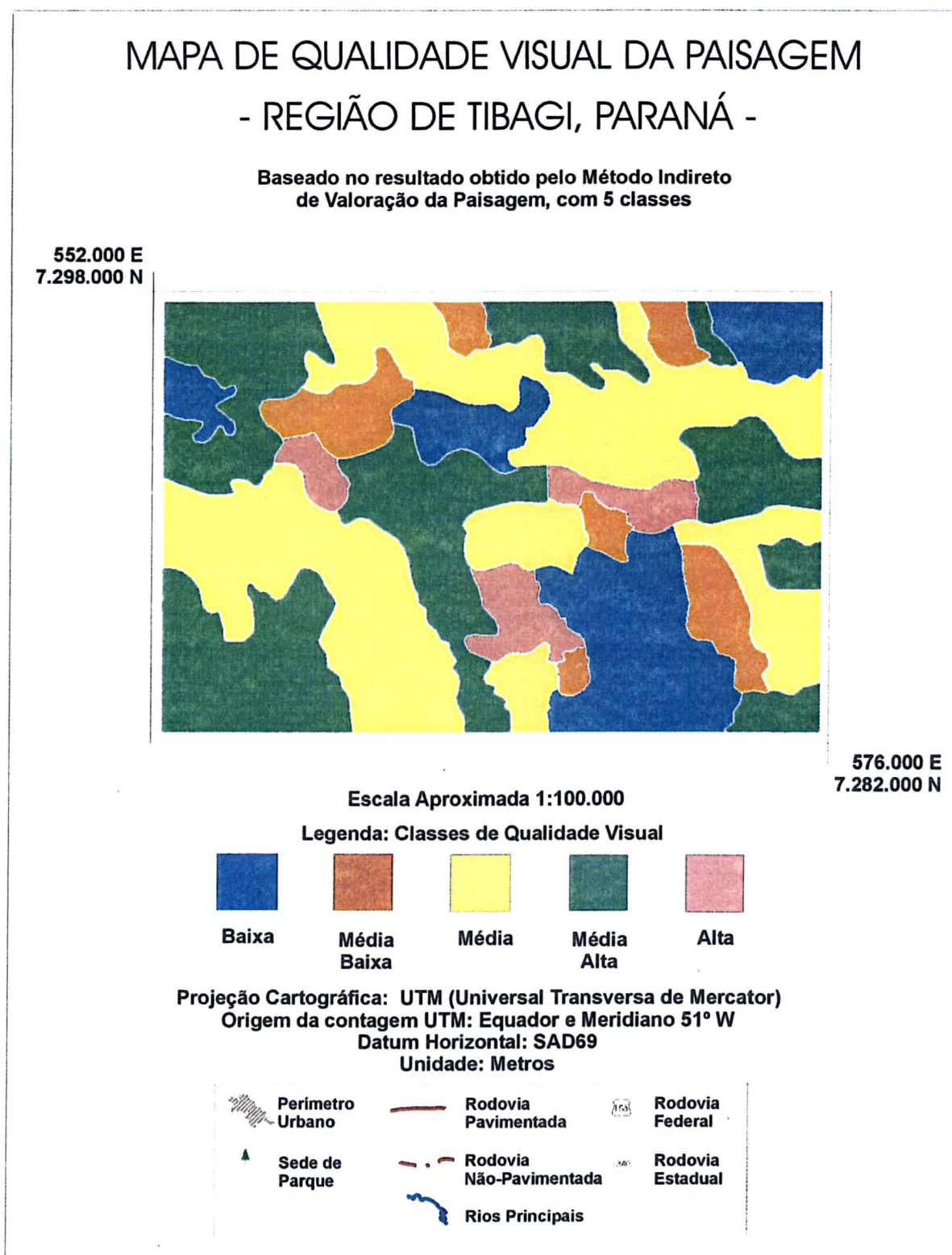
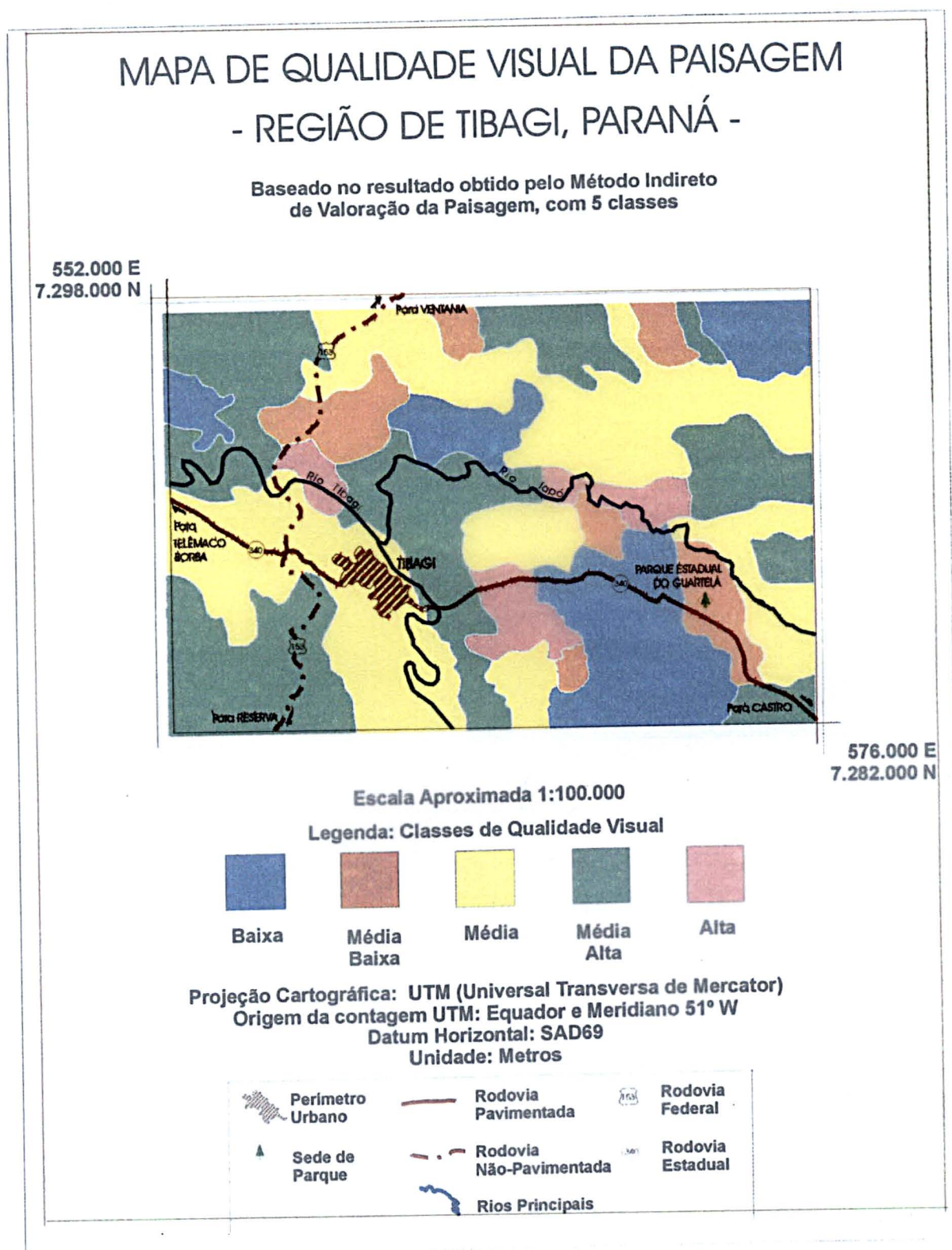


FIGURA 24: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO
OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 5 CLASSES



4.5.2 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Método Indireto, com 3 Classes

O mapa de qualidade visual da paisagem da região de estudo advindo do método indireto com 3 classes, mostrado na figura 25, apresenta uma simplificação do mapa obtido pelo mesmo método, com 5 classes. As classes média alta e média baixa foram suprimidas entre as demais classes. Pode-se observar que, a maior parte das áreas classificadas como de qualidade visual média alta no mapa com 5 classes, estão com qualidade alta no mapa com 3 classes. Já as áreas de qualidade visual média baixa do mapa anterior foram classificadas como de qualidade média neste mapa. Apenas as áreas com efetivo valor de qualidade, alto ou baixo, permaneceram com o mesmo valor. Pode-se ainda dizer, que a paisagem da área de estudo teve um acréscimo geral em sua qualidade visual no mapa com 3 classes, pois a área das classes de qualidade média e alta deste mapa supera a das classes média, média alta e alta do mapa com 5 classes.

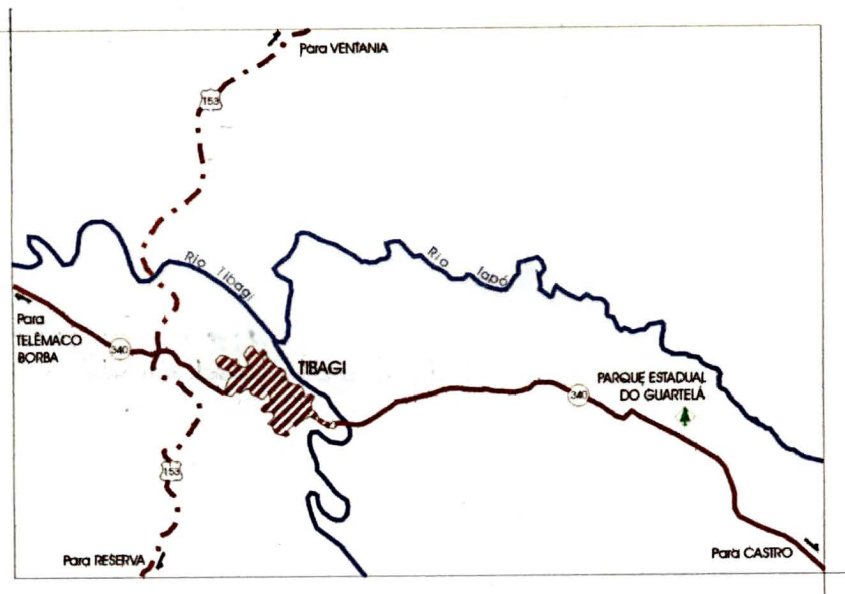


FIGURA 25: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO
OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 3 CLASSES

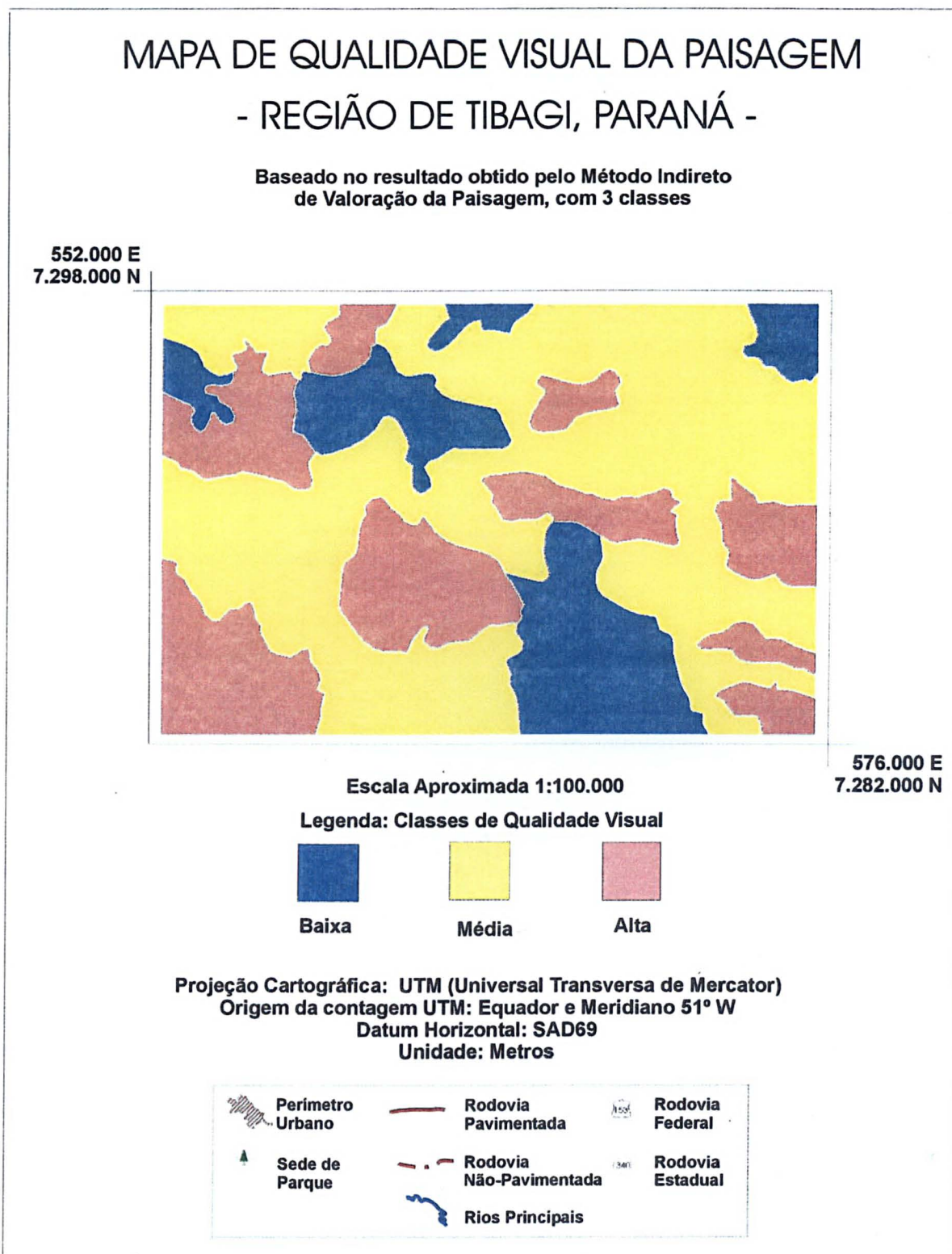
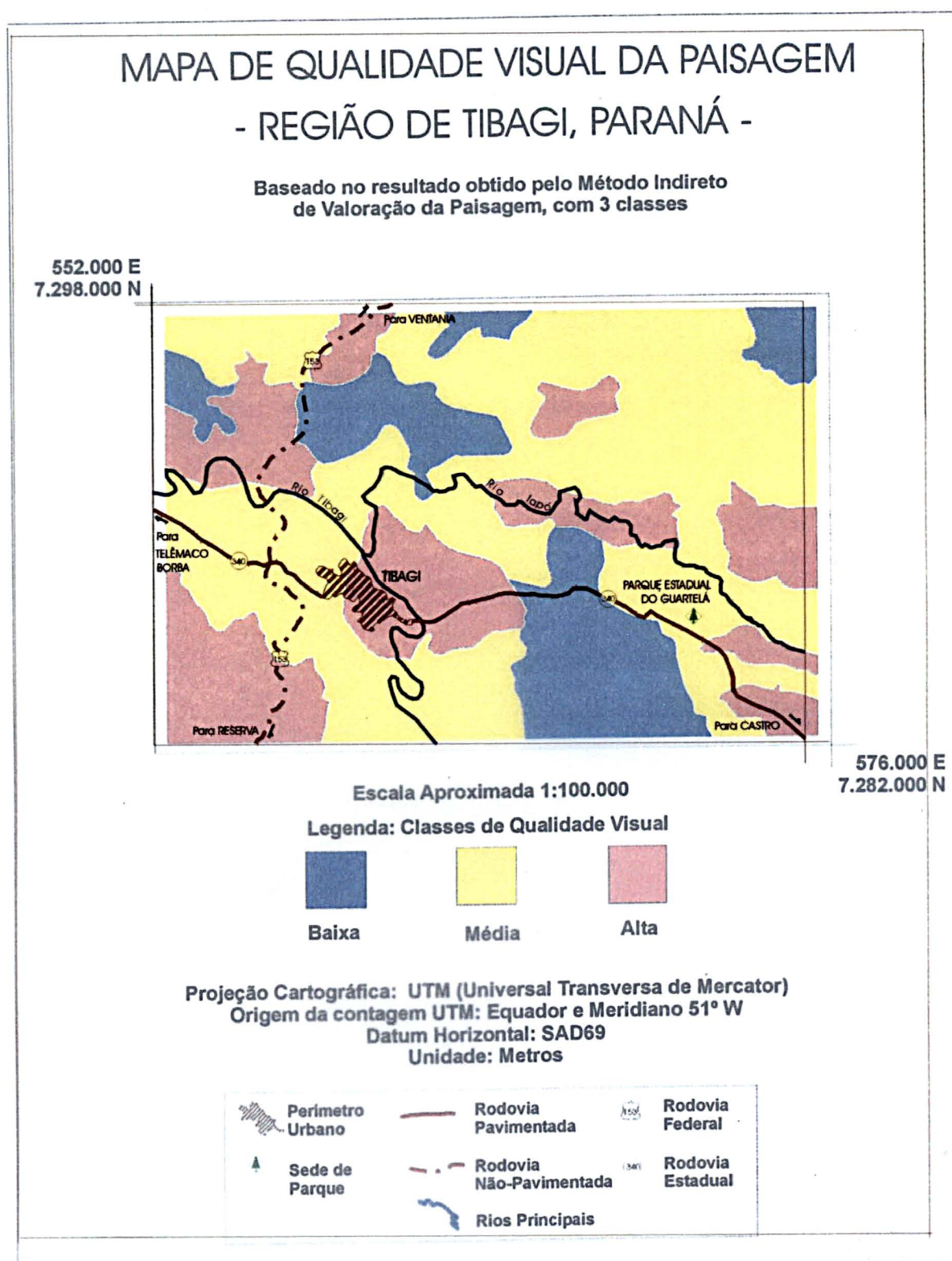
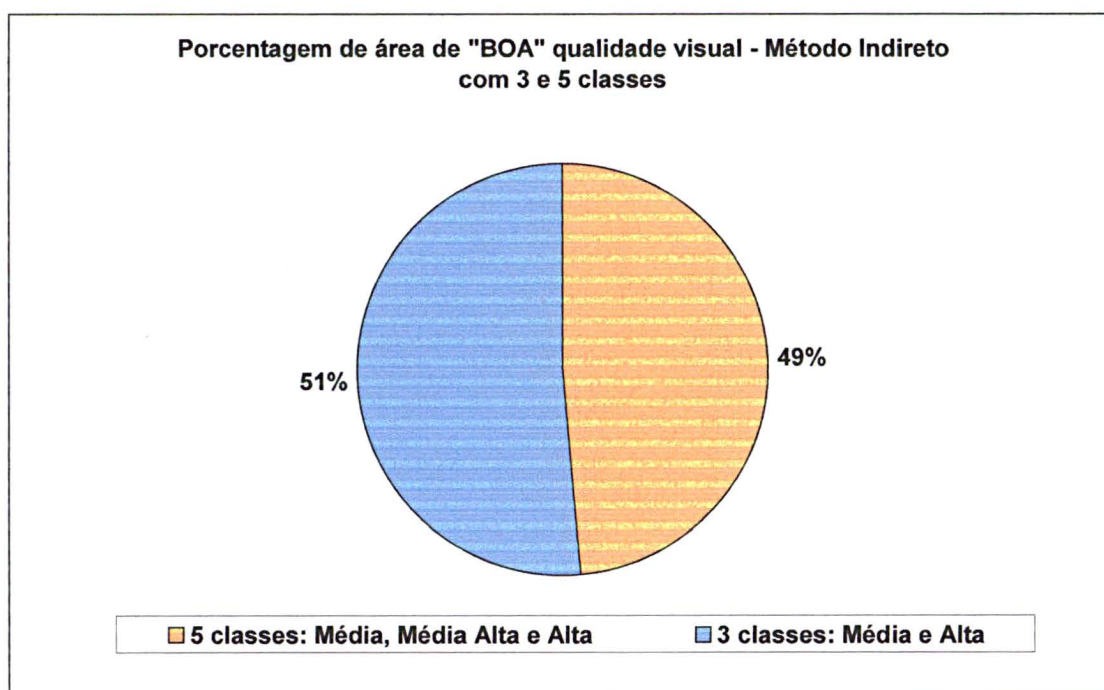


FIGURA 25: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO PELO MÉTODO INDIRETO, COM 3 CLASSES



O gráfico da figura 26, mostra uma comparação entre as áreas de “boa” qualidade entre os dois mapas de qualidade visual obtidos através do método indireto. Analisando-se os mapas de qualidade visual obtido pelo método indireto tradicional (figuras 24 e 25), pode-se verificar que em ambos é maior a área ocupada pelas classes de boa qualidade (média, média alta e alta). Disto, resulta que a qualidade visual da paisagem da região de Tibagi pode ser tida como de grande atratividade.

FIGURA 26: GRÁFICO COMPARATIVO DA PORCENTAGEM DE ÁREA DE “BOA” QUALIDADE VISUAL OBTIDA PELO MÉTODO INDIRETO, COM 3 E 5 CLASSES



4.5.3 Mapa de Qualidade Visual Através do Programa Computacional pelo Critério da Combinação de Elementos da Paisagem

A figura 27 mostra o mapa de qualidade visual obtido pelo programa através do critério da combinação de elementos. O mosaico resultante do programa (figura 17) e, conseqüentemente, este mapa, apresentaram apenas quatro das cinco classes de qualidade visual estabelecidas. Destas quatro classes, houve a predominância da classe média de qualidade visual, originada das grandes áreas agrícolas e de campos e pastagens. As duas áreas de alta qualidade visual são composições de classes de vegetação nativa, água e afloramentos rochosos. As regiões de qualidade média alta são resultantes das mesmas combinações que originaram as áreas de alta qualidade, no entanto, com a participação de classes de agricultura e de campos e pastagem, que na escala têm valores menores de qualidade. Já as regiões de menor qualidade presente, ou seja, as pertencentes à classe média baixa, foram devidas a combinações e classes de valores mais baixos, como solo exposto, e a ocorrência desta última junto a áreas agrícolas e campos.

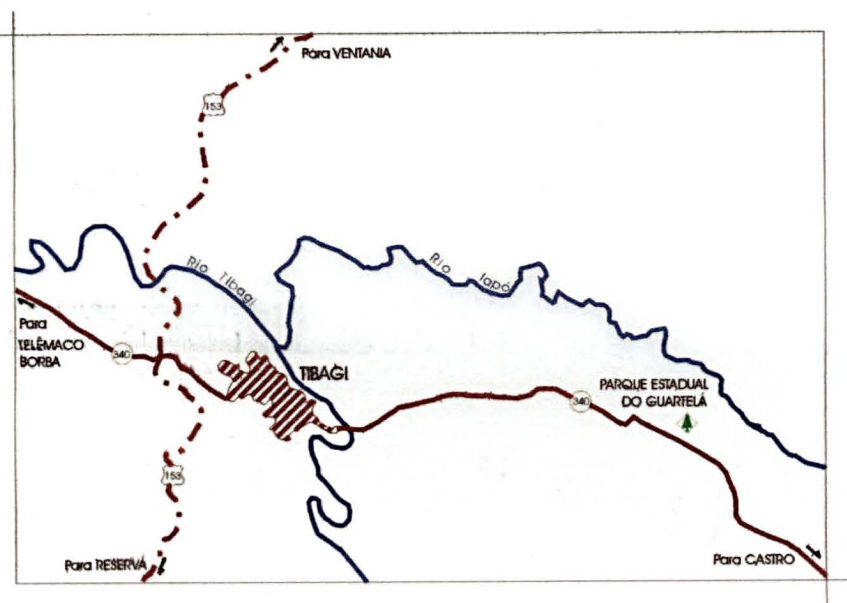


FIGURA 27: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS

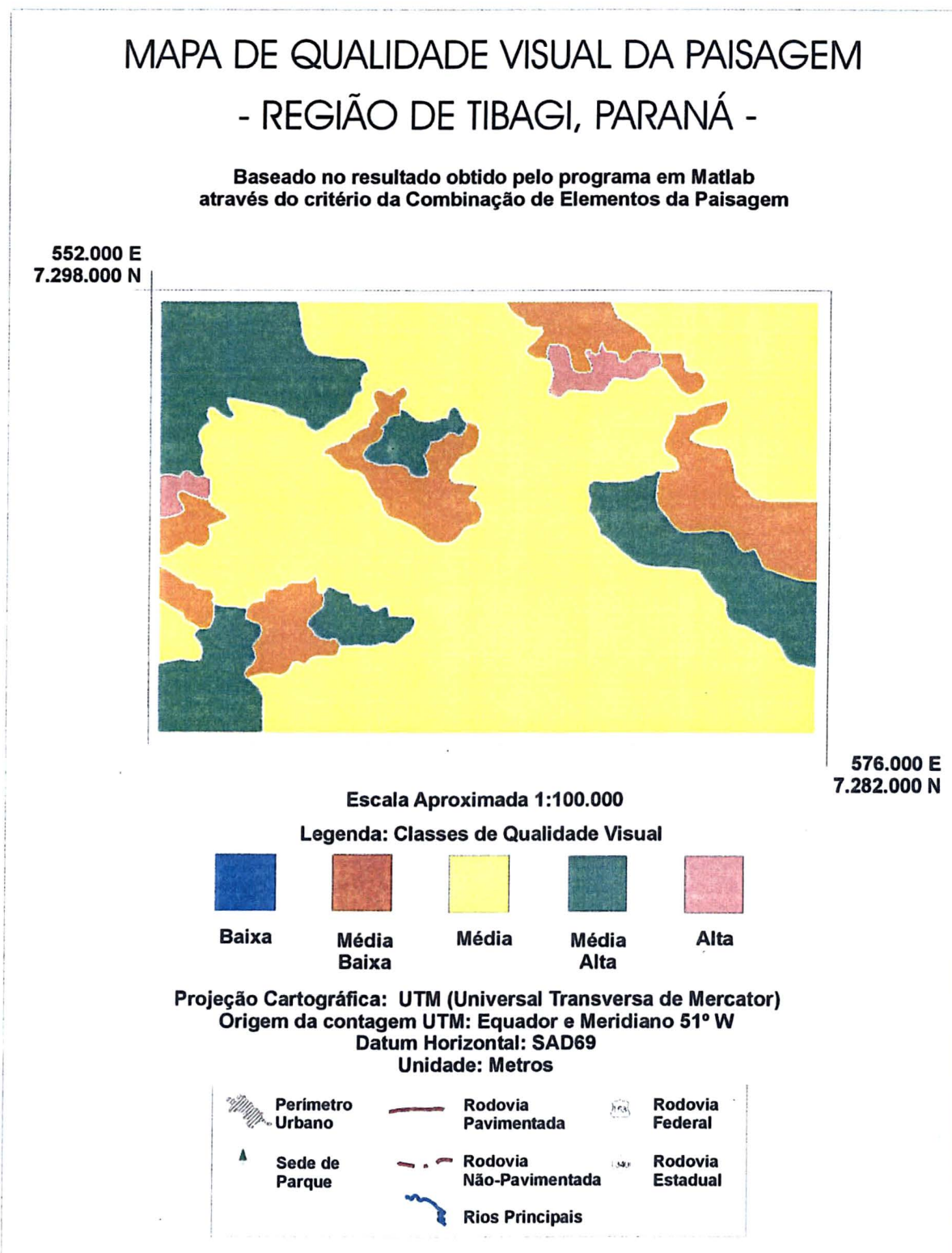
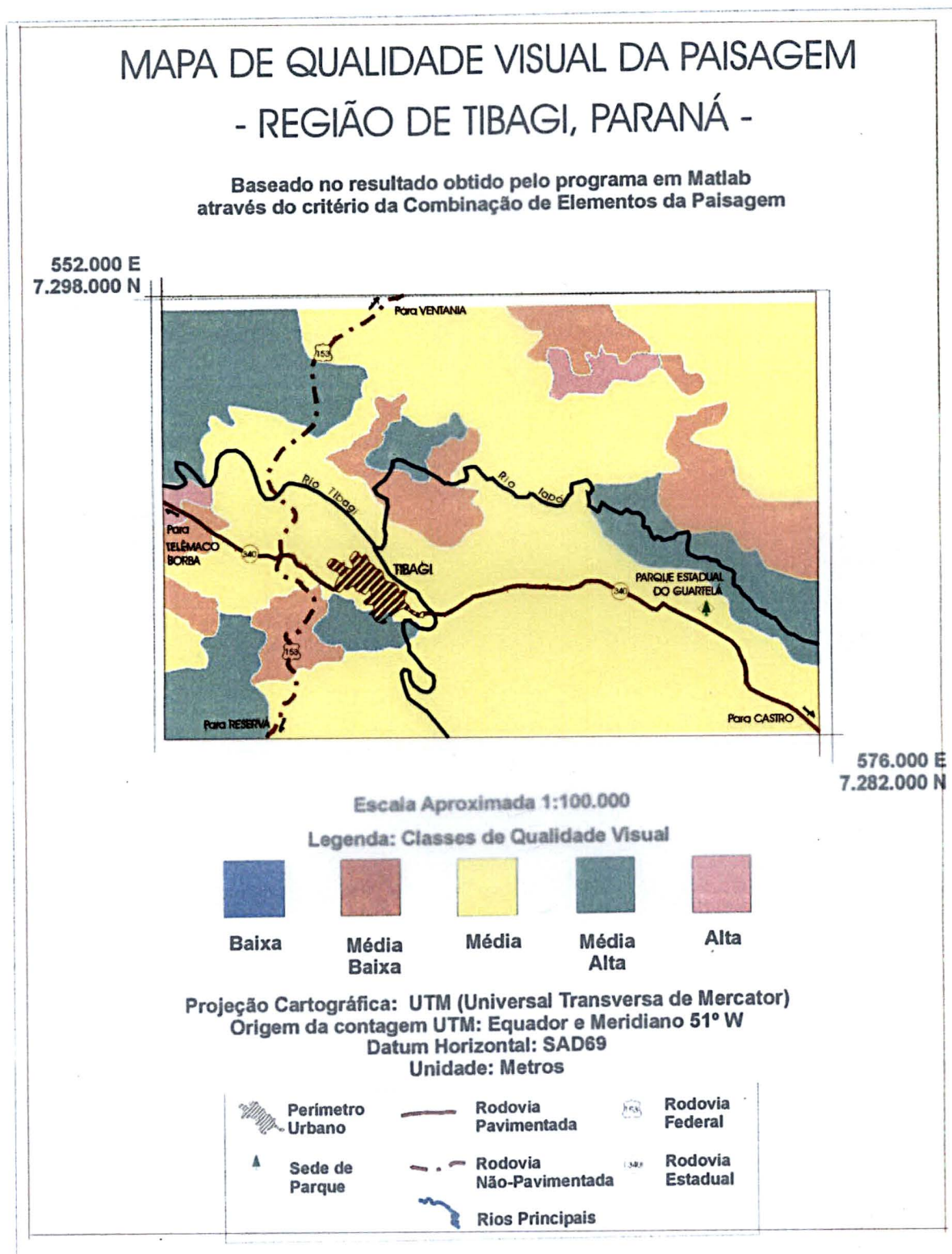


FIGURA 27: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS



4.5.4 Mapa de Qualidade Visual Através do Programa Computacional pelo Critério dos Componentes da Paisagem

O mapa de qualidade visual da paisagem obtido pelo programa através do critério dos componentes da paisagem é mostrado na figura 28. Neste mapa, a qualidade visual é retratada apenas pelas suas duas classes extremas. Assim como no mosaico do qual ele é originado (figura 19), não necessariamente a alta quanto a baixa qualidade visual, representam a realidade local, tampouco refletem diretamente os valores das tabelas 7 e 8. A partir disto, na interpretação que se fez do mosaico, procurou-se por linhas da paisagem o mais próximas possíveis ao limite de cada quadricula. Desta interpretação, surgiu o mapa, do qual se pode fazer os seguintes comentários: de maneira geral, as áreas de alta qualidade estão próximas aos corpos d'água e aos pontos onde ocorre vegetação nativa de grande porte; também a maior parte das áreas de afloramentos rochosos ficou classificada nas zonas de alta qualidade visual; as demais áreas, que ficaram com a classificação de baixa qualidade visual, englobaram trechos de campos naturais e pastagens, de área urbana, solo exposto, reflorestamento e, principalmente, as áreas agrícolas.

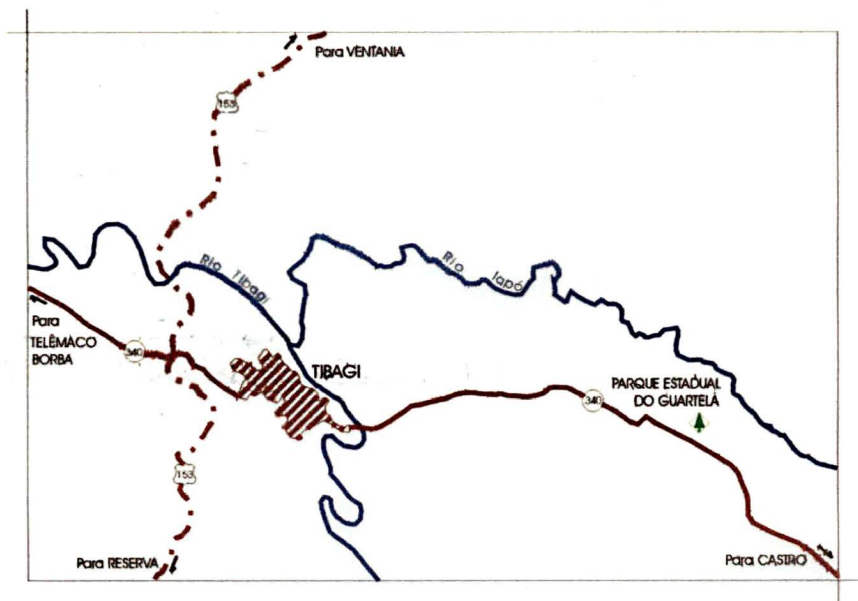


FIGURA 28: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM

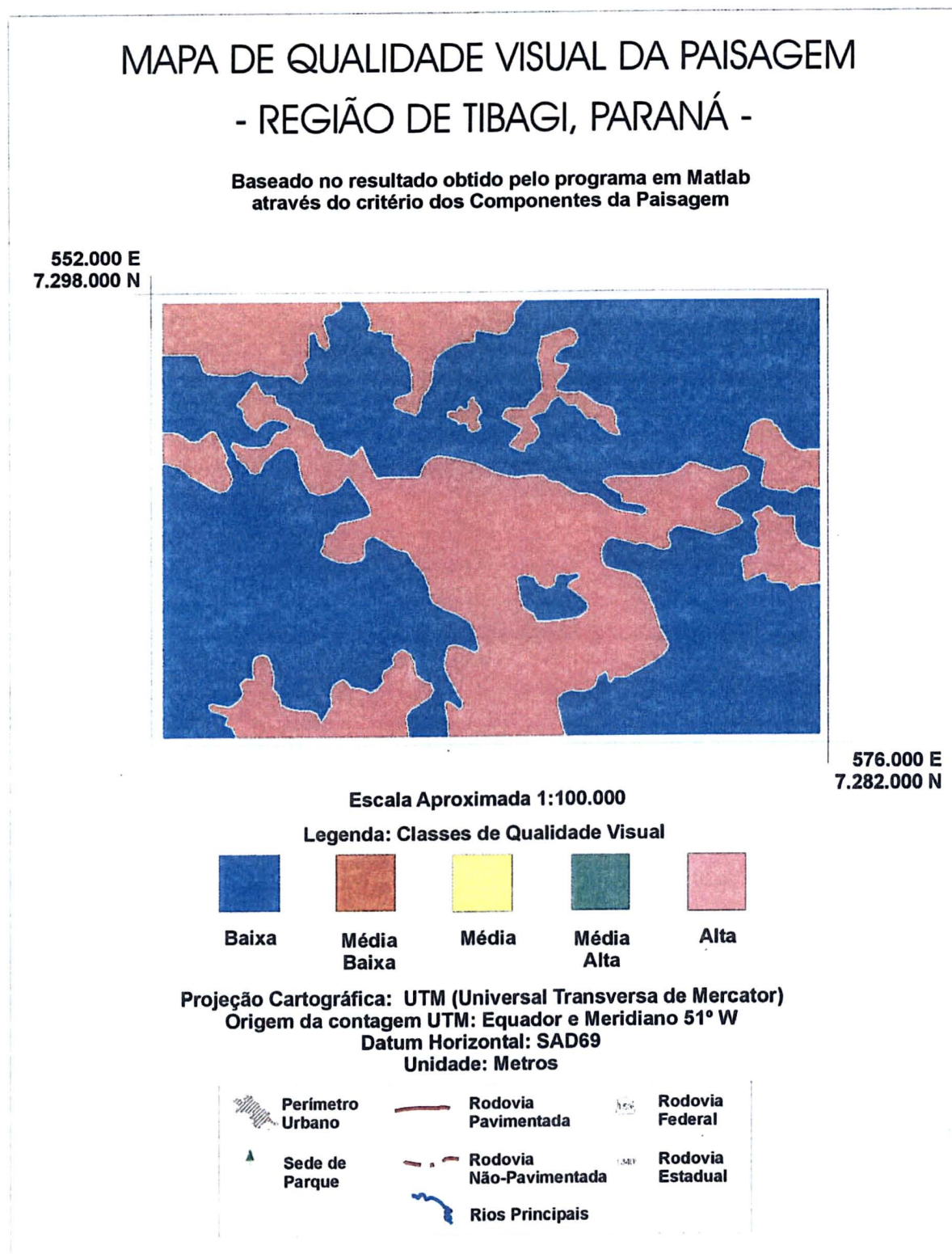
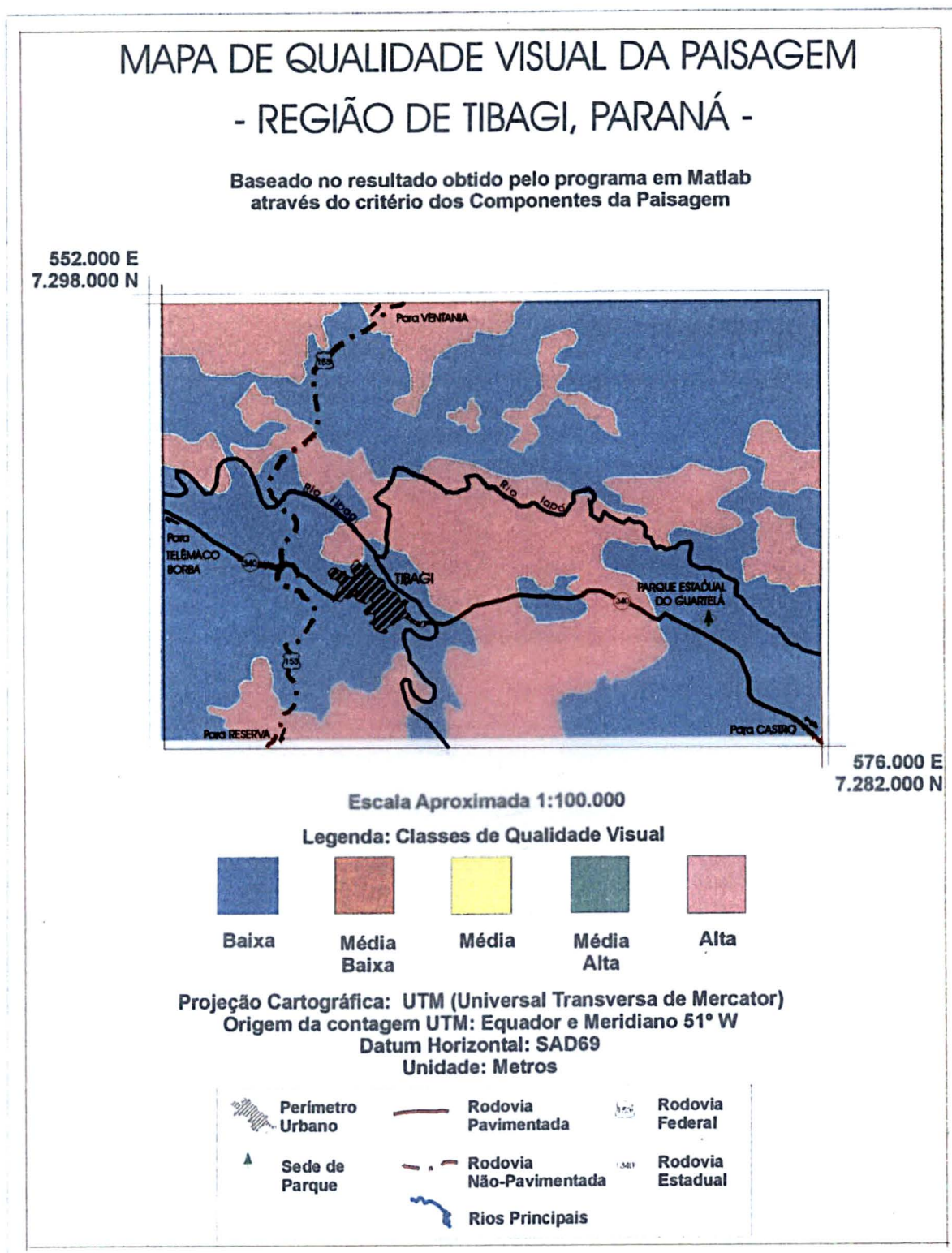


FIGURA 28: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM



4.5.5 Mapa de Qualidade Visual Obtido Através do Programa Computacional pelo Critério da Diversidade Paisagística

O critério da diversidade produziu o mapa de qualidade visual da paisagem visualizado na figura 29. Neste mapa, observa-se que a região de estudo pode ser considerada como de muito boa qualidade visual, em função da diversidade de sua paisagem. As áreas de baixa qualidade coincidem com as zonas extensas de agricultura e de campos e pastagens. A região classificada com de qualidade média alta possui uma grande área agrícola em seu interior, motivo pelo qual não pertence à classe de alta qualidade que a circunda. Resta destacar sobre este mapa, que o critério da diversidade leva em conta a quantidade de elementos presentes na quadrícula de avaliação e não a ocorrência de um ou outro elemento que, individualmente ou combinado, tenha um aspecto paisagístico de maior impacto. Isto explica porque a região do *canyon* da Guartelá teve algumas áreas de qualidade baixa, pois naquela paisagem predominam campos nativos. O mesmo princípio vale para explicar as áreas de solo exposto, de agricultura e reflorestamento, na parte superior esquerda do mapa, foram classificadas como de alta qualidade visual.

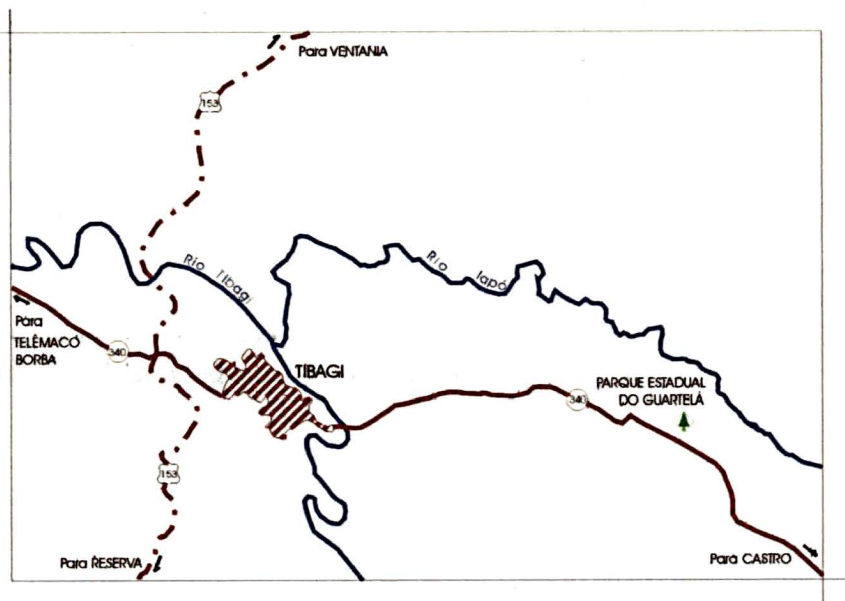


FIGURA 29: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA

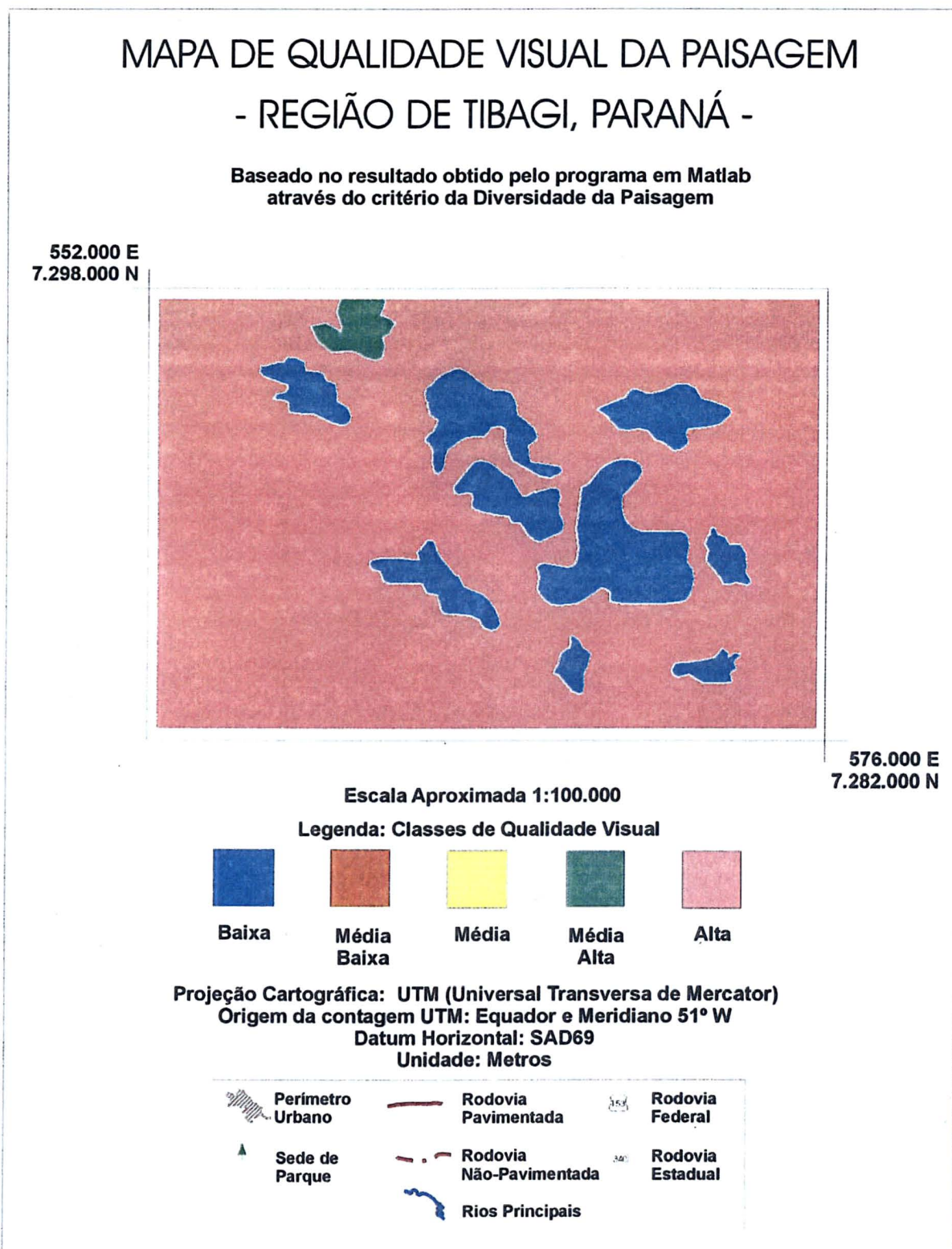
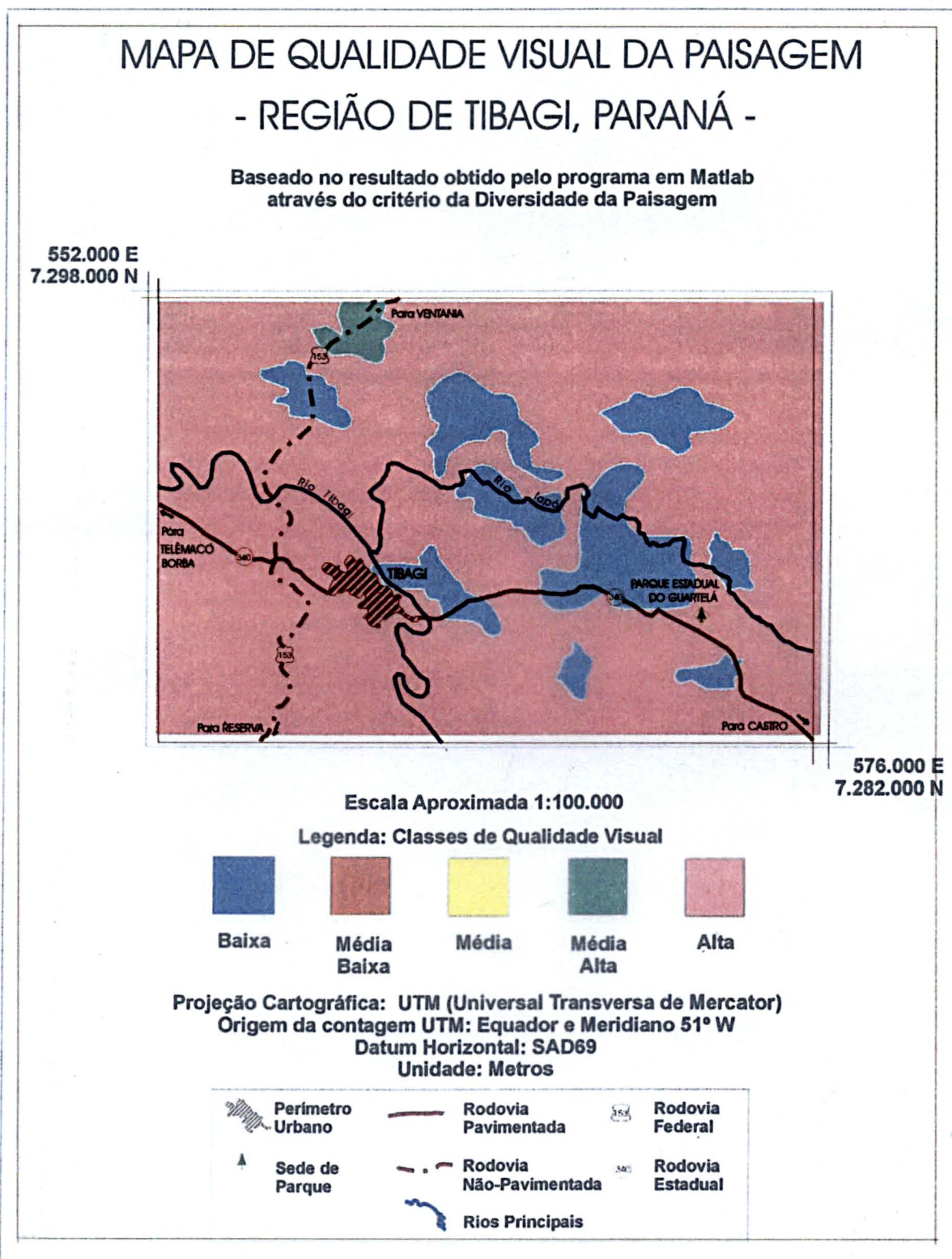


FIGURA 29: MAPA DE QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA REGIÃO DE ESTUDO OBTIDO A PARTIR DO PROGRAMA EM MATLAB, ATRAVÉS DO CRITÉRIO DA DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA



4.6 PONTOS ATRATIVOS DA PAISAGEM REGIONAL

Os mapas de qualidade visual (figuras 24, 25, 27, 28 e 29) buscam mostrar a áreas de maior e menor apelo paisagístico, de maneira a tentar ser um instrumento para a intervenção dos agentes responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento da região. Podem ser destacados, como áreas que merecem ter maiores critérios para sua utilização: as regiões dos *canyons* dos rios Iapó e Fortaleza, as margens do rio Tibagi e a região Sudoeste da área, nas proximidades do morro do Jacaré, que têm um forte apelo cênico e podem (e devem) ser mais empregadas para a apreciação de suas paisagens; já as regiões com qualidade visual menos expressiva, que compreendem as áreas agrícolas extensivas e de desmatamento e solo exposto, por mais sazonais que sejam, podem ter suas utilizações planejadas, de modo a não denegrirem a paisagem regional por mais tempo que o necessário. A figura 30 mostra, além do mapa de qualidade visual que melhor a paisagem da região de Tibagi (mapa obtido pelo método indireto com 5 classes – figura 24), fotos de alguns pontos de interesse da paisagem regional, bem como a localização dos mesmos no mapa.

4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.7.1 Quanto aos Conceitos Empregados

Dos conceitos de paisagem apresentados, pode-se dizer que foi o conceito de LAURIE (1976), que diz ser a paisagem um espaço quando visto ou descrito em termos de suas características fisiográficas e ambientais, relacionadas com os impactos antropogênicos e de grande importância nos estudos de planejamento, o que melhor se enquadra ao tipo de estudo realizado. Os resultados obtidos no desenvolver do trabalho evidenciam esta afirmação.

O presente estudo baseou-se nas afirmativas de PIRES (1993), acerca do desenvolvimento do planejamento da paisagem como processo institucional, e de SILVA *et. al.* (1998), que diz que o monitoramento da paisagem é uma necessidade para o entendimento do meio e que isto conduz a aspectos cada vez mais amplos nos estudos e pesquisas. Sendo assim, buscou-se com a realização deste, uma forma de mostrar a importância do conhecimento da paisagem e do seu estudo no desenvolvimento regional.

A forma de avaliação da qualidade visual empregada tentou ser o mais objetiva possível, uma vez que o próprio método indireto (o método empregado por GRIFFITH, 1979), tido como referência, tem caráter objetivo. No entanto, vários autores, como LAURIE (1976), BÓLOS (1992) e GONZALEZ-BERNADEZ (1981), atentam para o subjetivismo implícito nos estudos relativos à avaliação paisagística. No presente trabalho, o subjetivismo fica evidente na elaboração dos mapas de qualidade visual da paisagem, pois para a elaboração dos mesmos, a interpretação dos mosaicos resultantes das formas de avaliação empregadas se deu em várias fontes, como mapas temáticos, imagem orbital, conhecimento de campo, etc, e estas tiveram que ser combinadas, de maneira que, coube ao autor a análise e

escolha de onde seriam os limites entre as diferentes classes de qualidade visual presentes.

A preservação das áreas com potencial cênico-paisagístico representam um grande passo no futuro do desenvolvimento do turístico e da recreação na região de estudo. BOLÓS I CAPDEVILA (1992) e NAVEH (1994) abordam esta questão. Para tanto, há que se buscar o equilíbrio entre o potencial natural da paisagem da região de estudo, que é efetivamente o turismo (cultural, rural e ecológico) e as necessidades da sociedade, que são o progresso, a urbanização e industrialização.

Observando a colocação de MARENZI (2000), que diz que além de poder complementar as informações pertinentes à ecologia da paisagem com fins de planejamento e de zoneamento de uso do solo, a análise da qualidade da paisagem tem contribuído tradicionalmente para subsidiar estudos envolvendo questões referentes às Unidades de Conservação. Pode-se sugerir que a o estudo da paisagem seja efetivamente inserido no planejamento de uso do solo do município de Tibagi, uma vez que contém em seu interior o Parque Estadual do Guartelá e também tem uma parte de seu território pertencente à Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana. A importância da inclusão da análise e avaliação da qualidade visual da paisagem nos planos de desenvolvimento econômico e ambiental desta região se evidencia quando se vislumbra a notável complexidade e diversidade dos diferentes biomas que a compõem – Mata Atlântica, Cerrado, e Floresta de Araucária – e que são de alta atratividade, tanto do ponto de vista de seu apelo cênico quanto ecológico e turístico.

MC HARG (1969) afirma que cada área possui uma adequação intrínseca para certas finalidades e usos da terra. Cabe aos planejadores buscar e descobrir quais são estas finalidades. Os mapas de qualidade visual resultantes mostram que a região tem uma forte característica para ser desenvolvida: o turismo. O potencial cênico de pontos como os *canyons* do rio Iapó (inserido no Parque Estadual do

Guartelá) e do rio Fortaleza, as corredeiras e remansos do rio Tibagi, o morro do Jacaré e as grandes áreas de campos nativos entremeados de afloramentos rochosos, oferecem ao observador um belo quadro paisagístico, por vezes, até cinematográfico.

A vasta extensão das áreas agrícola também é importante do ponto de vista da atratividade visual, pois é uma das imagens mais fortemente ligada à cultura da região dos Campos Gerais Paranaenses, que é um dos celeiros do país. Esta característica pode fazer com que a agricultura, além do retorno econômico, possa também trazer qualidade visual à paisagem.

A paisagem da área de estudo, em geral, pode ser considerada como de boa qualidade visual, com atrativos pontuais de acentuado apelo cênico. O valor de qualidade visual predominante pertence à classe média com grande tendência à alta, fato este observado nos gráficos e mapas de qualidade visual.

As áreas de baixa qualidade visual, em sua maioria, são sazonais, pois advém dos ciclos agrícolas e de atividades extrativistas e, portanto, não podem ser consideradas como efetivamente pertencentes a esta classe de qualidade visual. Neste sentido, cabe dizer que estas áreas, com um manejo adequado, também podem ser incluídas na classe média de qualidade visual, que caracteriza a região.

Completando a discussão acerca da relação do presente trabalho com os conceitos empregados, pode dizer que o mesmo segue a linha de pensamento de HOBBS¹⁹, *apud* SILVA *et al.* (1998), que diz que a atual situação e necessidades do estudo de paisagens e suas aplicações no campo das ciências, sugere que se utilize menos estudos descritivos e mais estudos metodológicos e de modelagem. Isto porque, na elaboração deste, se buscou, além de uma alternativa metodológica paralela, maneiras de se quantizar e expor objetivamente os resultados obtidos das

¹⁹ HOBBS, R. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and Urban Planning*, 37: p.1-9, 1997

formas de avaliação empregadas.

4.7.2 Quanto à Metodologia Empregada

Os resultados obtidos pelas duas técnicas de avaliação da paisagem empregadas apresentam características próprias e algumas semelhanças. É evidente que não há concordância plena entre as duas metodologias, uma vez que uma é apenas baseada na outra e, também, que a rotina computacional é mais simplista na análise dos elementos presentes em cada quadrícula. Entretanto, são as discrepâncias entre os resultados advindos do programa e da metodologia tradicional que mais chamaram a atenção. Resultados diferentes que se devem aos critérios empregados na obtenção de cada um.

No programa, são analisados todas as classes que ocorrem em cada quadrícula, porém, cada região (cada *pixel*) da quadrícula pertence necessariamente a apenas uma classe, o que não ocorre na outra forma de avaliação, onde cada região da quadrícula recebe um valor em função de cada fonte de informação analisada (mapa de vegetação, carta topográfica, imagem), havendo assim uma sobreposição de valores para, então, colocá-la em uma ou outra classe.

O método indireto apresentou o resultado que melhor representa a paisagem da região de estudo, podendo-se dizer que serve como referência de sua qualidade visual. O mapa obtido com esta metodologia, com 5 classes, pode ser considerado o mapa de qualidade visual ótimo para a região. Este mapa mostra as áreas onde a paisagem atinge o real valor, tanto de qualidade alta, quanto baixa, isto quer dizer, as áreas que apresentam mesmo alta e baixa atratividade visual, pois pertencem às mesmas classes no mapa com 3 classes, bem como no de 5 classes. Em outras palavras, as áreas de qualidade visual alta e baixa no mapa que apresenta as 5 classes são, de fato, áreas com estas características paisagísticas visuais. Há que se colocar,

todavia, que um melhor resultado seria obtido com a inclusão de outras fontes de informação na execução da metodologia, como por exemplo, os mapas de solos, geomorfológico, geológico, climatológico, entre outros.

Sobre os resultados obtidos pelo programa de avaliação da paisagem, desenvolvido em ambiente MATLAB, pode-se dizer que o mesmo apresentou-se como uma forma inovadora de avaliação da paisagem. No entanto, seus resultados não podem ser considerados como certos ou únicos. Os critérios empregados no programa mostram três diferentes maneiras de se valorar a paisagem, mas nenhum deles pode efetivamente ser substituto do método indireto tradicional. Isso porque a rotina computacional utiliza apenas uma fonte de informação, no caso uma imagem, para classificar a paisagem, enquanto que a metodologia indireta usa de várias fontes (mapas temáticos de geologia, vegetação, uso do solo etc.). E, por mais informações que possam ser extraídas da imagem, ainda não é possível que um mesmo ponto (*pixel*) venha a pertencer a duas classes numa mesma classificação, ou seja, trabalhando-se apenas com uma imagem, uma área com vegetação não pode ser classificada como de solo exposto ou de área urbana. Sendo assim, na utilização de uma imagem classificada, ocorre uma simplificação na avaliação da paisagem.

O critério da combinação de elementos da paisagem mostrou ser o que mais se assemelha ao método indireto, tanto em concepção quanto em resultado. Este critério dá valor às quadrículas analisadas em função dos elementos da paisagem (das classes da imagem) presentes em seu interior. Da forma como foi desenvolvido, quando utiliza esse critério, o programa busca pelo elemento de maior ocorrência ou pelos dois mais frequentes para, em função disto, dar um valor de qualidade visual à quadrícula. Esse fato deve ser considerado no resultado, pois ocorre também aí uma simplificação da paisagem. Ao levar em conta apenas uma ou duas das classes que compõem a quadrícula, pode-se erroneamente dar um valor não adequado à paisagem nela presente. Como exemplo disso, uma área cujo resultado

sugere baixa qualidade visual por ter seus dois elementos mais freqüentes considerados como de baixa atratividade visual pode, no entanto, ter uma melhora na sua classificação qualitativa se os demais elementos tiverem um maior apelo cênico. De maneira geral, este critério apresentou um mapa que mostra a paisagem da região como essencialmente de qualidade visual média, o que concorda com o resultado do método indireto.

Por outro lado, o critério dos componentes da paisagem revelou não estar apto para a avaliação da paisagem da área de estudo. O emprego deste critério no programa mostrou um resultado que não está de acordo com a realidade paisagística local, haja vista que o mesmo apresentou que a maior parte da região teria uma qualidade visual baixa, enquanto que os demais critérios e, principalmente, o método indireto indicaram que a paisagem da área, em geral, pode ser considerada de boa atratividade visual. O fato é que na elaboração deste critério os elementos da paisagem (as classes da imagem) foram agrupados em apenas três componentes – água, vegetação e terra ou outras coberturas – e isto fez com que houvesse uma generalização da paisagem. Por exemplo, o componente vegetação reúne em si elementos de diferentes valores de qualidade visual individual, como mata nativa e agricultura, campos/pastagens e reflorestamento. No caso do componente água, esta é formada apenas dos cursos d'água que, apesar de freqüentes, não ocupam área suficiente dentro de nenhuma das quadrículas analisadas, de maneira que este componente (água) praticamente não foi considerada na avaliação da paisagem. Por último, o componente terra agregou todos os demais elementos que não pertenciam as duas outras. Como resultado disso, elementos com valores de qualidade visual opostos (afloramentos rochosos, 5, e solo exposto, 1) integram o mesmo componente, o que, por si só, já mascara o seu resultado.

Já a diversidade da paisagem revelou-se um critério cujo resultado pode ser considerado como uma nova fonte de informação na metodologia tradicional de

avaliação. Isto porque mostra o quão diferente uma área pode ser em termos de composição da paisagem. Pela maneira como este critério foi elaborado, não importa qual valor individual de qualidade visual que uma classe tenha, mas o número de classes presentes na quadrícula para dar valor à mesma. O mapa de qualidade visual obtido da valoração da diversidade mostrou que a região de estudo apresenta uma grande variedade paisagística. A alta diversidade paisagística, nesse caso, deve ser encarada com maior interesse nos planos de desenvolvimento da região.

5 CONCLUSÕES

Em face aos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões sobre a metodologia empregada e a paisagem da região de estudo:

- A) Na classificação da imagem para a obtenção do mapa de uso do solo, ocorreu confusão em algumas classes, principalmente na de área urbana/rodovias com solo exposto e com afloramentos rochosos, necessitando-se uma verificação *in loco* para sanar possíveis dúvidas. De maneira geral, o resultado da classificação foi considerado bom e apto para a finalidade proposta no trabalho, conforme informações do apêndice 7.3.
- B) A avaliação da paisagem através do método indireto, com 5 e 3 classes de qualidade visual, mostrou-se adequada a este tipo de estudo e gerou resultados que retratam a paisagem regional. Os mosaicos advindos da aplicação desta metodologia conseguiram captar a grande heterogeneidade da região, presente nos contextos analisados (topografia, hidrografia, vegetação, geomorfologia e antropismo).
- C) A avaliação através do programa em ambiente MATLAB apresentou-se como uma nova ferramenta para estudos na área de paisagem. Os critérios desenvolvidos para a avaliação paisagística na rotina computacional mostram-se aptos à função, ressaltando-se as particularidades de cada um.
- D) O critério da combinação de elementos foi o que melhor conseguiu representar a variedade paisagística da região, sendo também o que mais se aproximou do resultado obtido pelo método indireto.

- E) O critério que utilizou os componentes da paisagem apresentou um resultado não condizente com a realidade. Este resultado deve-se as características da paisagem local, composta principalmente de vegetação, e também à concepção do critério, que reuniu em apenas 3 componentes 10 tipos de coberturas da superfície, por vezes, agregando no mesmo componente, elementos tão diferentes do ponto de vista visual como afloramentos rochosos e solo exposto ou área urbana. Com isso, houve uma simplificação da paisagem analisada.
- F) A diversidade da paisagem produziu um resultado que pode ser considerado um fator inovador. Este critério não considera a influência individual de um ou outro elemento da paisagem, mas a quantidade de elementos diferentes presentes na unidade de paisagem avaliada. No caso da paisagem da região de Tibagi, o emprego deste critério foi bastante apropriado, pois se trata de uma área muito diversificada. E isso resultou numa paisagem com alta qualidade visual quando analisada por este critério.
- G) A comparação dos resultados obtidos por cada uma dos critérios empregados (combinação de elementos, componentes e diversidade) revelou que o da combinação de elementos é o que mais se aproximou ao método indireto tradicional, pois consegue capturar as nuances da paisagem, enquanto os outros dois evidenciaram as classes extremas de qualidade visual.
- H) Os testes realizados com diferentes tamanhos para a unidade de avaliação da paisagem (quadrículas) mostraram que, quanto menor fosse a área utilizada, maior seria o detalhamento obtido, ou seja, os aspectos da paisagem são mais evidenciados com

uma área menor da quadrícula de avaliação. Este fato decorre da maneira como o programa foi desenvolvido, trabalhando sempre com o valor da frequência e porcentagem dos elementos dentro da área analisada, sem levar em conta a área em si.

- I) Os mapas de qualidade visual da paisagem gerados a partir dos mosaicos (advindos do método indireto tradicional e do programa em MATLAB), mostraram a divisão física das áreas de cada classe de qualidade. Nestes mapas está implícita a subjetividade que existe nos estudos sobre a paisagem, pois a interpretação dos mosaicos e informações utilizadas na avaliação (cartas temáticas, imagens, etc.), está relacionada e associada ao conhecimento de quem a está fazendo. De modo geral, os mapas de qualidade visual retrataram a paisagem de forma real, segundo o resultado (mosaico) obtido com cada uma das metodologias empregadas.
- J) A região de Tibagi pode ser considerada como de acentuada atratividade paisagística, principalmente, do ponto de vista de sua diversidade. Os atrativos pontuais mais importantes são entes do relevo e da hidrografia, mas o que caracteriza a paisagem da região são as áreas agrícolas, de campos e pastagens naturais. Os aspectos negativos estão relacionados à intervenção antrópica, principalmente, nas áreas de agricultura de vasta extensão territorial e de reflorestamentos.
- K) O mapa de qualidade visual obtido da avaliação da paisagem através do método indireto com 5 classes obteve o melhor resultado, uma vez que conseguiu retratar todos os nuances da diversidade paisagística local. Portanto, pode ser considerado o

mapa que melhor representa a paisagem da região de Tibagi.

- L) A técnica de avaliação através do programa em ambiente MATLAB mostrou-se adequada à finalidade proposta, no entanto, deve ainda ser tida como um resultado prévio, ou seja, pode ser empregada, mas a metodologia tradicional deve complementar o trabalho, visando maiores detalhamentos.
- M) Para regiões onde não se dispõe de material cartográfico para a aplicação do método indireto, a rotina computacional desenvolvida pode se tornar, aliada às demais técnicas do Estudo da Paisagem, um ponto de partida para a avaliação de paisagens.

6 RECOMENDAÇÕES

Após a finalização, análise dos resultados e conclusões, pode-se sugerir e recomendar que os seguintes itens venham a ser analisados em futuras experiências com este tipo de estudo:

- A) A classificação da imagem orbital é de fundamental importância na avaliação da paisagem. Quanto melhor e mais fiel à realidade for o resultado da classificação, tanto melhor será o resultado da avaliação da paisagem. Nesta etapa, é imprescindível uma visita prévia a campo e outra após a classificação, com a finalidade de se obter o melhor retrato da realidade paisagística, bem como a coleta de informações para a implementação da avaliação da classificação, através da matriz de erros.
- B) Uma análise da separabilidade das classes (como por exemplo, o cálculo da divergência transformada) seria de grande utilidade. Áreas urbanas e campos, por exemplo, podem ter características espectrais semelhantes e, portanto, não serem separáveis. Na valoração da paisagem, solo e área urbana têm diferentes valores, e tendo as classes com baixa separabilidade valoração diferente, poderá haver diferença na análise que está sendo realizada.
- C) Deve-se proceder ao teste de outros métodos de classificação que não o da máxima verossimilhança, a fim de se estabelecer o mais adequado.
- D) Outros procedimentos do sensoriamento remoto, como por exemplo, as técnicas de pré-processamento e de realce da imagem, devem ser utilizados para que se obtenha um melhor

resultado final. E ainda, alguns processamentos adicionais, como por exemplo, usar informações como textura e forma – e não só a informação espectral - para diferenciar as classes problemáticas como, no caso, área urbana e solo exposto.

- E) A avaliação da paisagem pelo método indireto tradicional deve incluir a análise de outros temas, como solo, geologia, clima, etc, bem como maiores detalhes sobre as atividades antrópicas.
- F) Na implementação de algoritmos para avaliação da paisagem, há que se verificar novos critérios e valores para cada item analisado.
- G) No caso do critério da combinação de elementos, que mais se aproximou à metodologia tradicional, deve-se proceder a uma forma de contagem das combinações presentes, utilizando todas as combinações presentes na unidade de paisagem avaliada, e não apenas a de maior ocorrência.
- H) Já o critério que utiliza os componentes da paisagem, deve ser revisto. Principalmente quando trata da desagregação de um componente em outros elementos, como por exemplo o componente vegetação em outras variações de coberturas (tipos vegetacionais). Com isto pode-se chegar a um resultado mais próximo à realidade.
- I) A diversidade pode ser melhor retratada se vista pela proporção de cada um dos elementos dentro da área analisada, não somente pela ocorrência ou não deles.
- J) A avaliação da paisagem da região de Tibagi por outras metodologias deve ser procedida, com vistas à verificação e/ou confirmação dos resultados obtidos neste estudo.

K) Por último, a metodologia empregada neste trabalho deve ser testada em outras áreas, a fim de se verificar sua eficácia em regiões de paisagem diferentes, como no litoral ou em regiões montanhosas.

7 APÊNDICE

7.1 RESULTADO NUMÉRICO DA VALORAÇÃO DA PAISAGEM PELO MÉTODO INDIRETO TRADICIONAL

Quad.	C. Topog.			C. Hidrog.				C. Veg. E Geom.				Imp. Vis.	Média	Média Geral
	Rel.	Con.	Média	Bif.	Ext.	Rio	Média	Cob.	Comb.	C.Im.	Af.Rc			
A1	2	2	1	1	1	0	0,2333	1	2	0	0	0	0	0,35
B1	2	2	1	1	2	0	0,3333	1	2	0	0	0	0	0,38
C1	2	2	1	1	2	0	0,3333	2	2	0	0	0	0	0,39
D1	2	1	0,7	0	1	0	0,1	2	2	0	0	0	0	0,26
E1	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0	0	0,19
F1	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	2	1	0	0	0	0,30
G1	1	2	0,8	1	2	0	0,3333	2	2	0	0	0	-1	0,09
H1	2	2	1	1	2	0	0,3333	2	1	0	0	0	0	0,37
I1	1	2	0,8	1	2	0	0,3333	2	0	0	0	0	0	0,31
J1	2	2	1	1	2	0	0,3333	2	1	0	0	0	-1	0,12
K1	2	2	1	1	2	0	0,3333	2	0	0	0	0	0	0,36
L1	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0	-1	0,00
A2	2	2	1	0	1	1	0,2	1	2	0	0	0	-2	-0,16
B2	2	2	1	1	3	1	0,5333	2	2	0	0	0	0	0,44
C2	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0	-1	0,07
D2	1	2	0,8	1	1	0	0,2333	2	1	0	0	0	-1	0,05
E2	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0	-1	-0,08
F2	1	1	0,5	1	1	0	0,2333	2	1	0	0	0	-1	-0,03
G2	1	1	0,5	2	3	0	0,5667	2	1	1	0	0	0	0,32
H2	2	2	1	1	2	0	0,3333	2	1	1	1	0	0	0,41
I2	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	1	1	0	0	0,35
J2	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	1	0	0	0	0,32
K2	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	1	0	0	0	0,32
L2	1	2	0,8	1	1	0	0,2333	2	0	0	1	0	0	0,30
A3	2	2	1	1	2	1	0,4333	2	2	0	0	0	0	0,41
B3	2	2	1	1	3	1	0,5333	2	1	0	0	0	0	0,42
C3	2	1	0,7	1	3	1	0,5333	2	1	1	0	0	1	0,61
D3	2	2	1	0	1	1	0,2	2	1	1	0	0	-1	0,11
E3	2	3	1,3	1	2	1	0,4333	2	1	0	1	0	-1	0,24
F3	2	2	1	3	3	1	0,8	2	1	0	1	0	-1	0,26
G3	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	1	0	1	0	0	0,28
H3	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0	0	0,25
I3	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0	0	0,27
J3	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0	0	0,25
K3	2	2	1	0	2	0	0,2	2	0	0	0	0	0	0,33
L3	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0	0	0,30
A4	2	2	1	0	2	0	0,2	2	1	1	0	0	0	0,36
B4	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	1	0	0	0	0,33
C4	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0	0	0,19
D4	1	2	0,8	1	2	1	0,4333	2	1	0	0	0	0	0,35
E4	2	2	1	0	2	1	0,3	2	1	0	1	0	0	0,38
F4	2	2	1	0	1	1	0,2	2	1	0	1	0	0	0,36
G4	3	3	1,5	0	2	1	0,3	2	1	1	1	0	0	0,53
H4	3	3	1,5	0	2	1	0,3	2	1	0	0	0	0	0,49
I4	3	3	1,5	1	1	0	0,2333	2	1	1	1	0	0	0,51
J4	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	1	1	0	0	0,33
K4	2	3	1,3	0	1	0	0,1	2	1	1	1	0	0	0,43
L4	2	3	1,3	0	2	0	0,2	2	0	1	1	0	0	0,43

Quad.	C. Topog.			C. Hidrog.				C. Veg. E Geom.				Imp.	Vis.	Média	Média Geral
	Rel.	Con.	Média	Bif.	Ext.	Rio	Média	Cob.	Comb.	C.Im.	Af.Rc				
A5	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,32
B5	2	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,29
C5	2	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,29
D5	2	2	1	0	2	1	0,3	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,37
E5	2	1	0,7	0	1	1	0,2	2	1	1	0	0,225	0	0	0,28
F5	1	1	0,5	0	0	0	0	2	0	1	0	0,1625	0	0	0,17
G5	1	1	0,5	0	0	0	0	2	0	0	0	0,1	0	0	0,15
H5	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0,1	-1	-1	0,00
I5	3	3	1,5	0	1	0	0,1	2	1	0	1	0,2375	-1	-1	0,21
J5	3	3	1,5	0	1	0	0,1	2	1	0	1	0,2375	-1	-1	0,21
K5	2	2	1	0	0	0	0	2	1	0	1	0,2375	0	0	0,31
L5	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	1	0	0,1625	0	0	0,32
A6	2	2	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0,225	0	0	0,31
B6	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	1	0	0,225	0	0	0,33
C6	2	1	0,7	0	2	0	0,2	2	1	1	0	0,225	0	0	0,28
D6	2	2	1	1	1	1	0,3333	2	2	0	0	0,225	0	0	0,39
E6	2	1	0,7	2	3	1	0,6667	2	2	0	0	0,225	1	1	0,65
F6	2	1	0,7	1	2	0	0,3333	2	1	0	0	0,1625	1	1	0,55
G6	1	1	0,5	1	2	0	0,3333	2	1	0	0	0,1625	-1	-1	0,00
H6	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0,1	-1	-1	-0,08
I6	2	2	1	0	1	0	0,1	2	0	0	0	0,1	-1	-1	0,05
J6	3	3	1,5	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0,1625	-1	-1	0,19
K6	3	3	1,5	1	2	0	0,3333	3	1	1	1	0,35	-1	-1	0,30
L6	3	2	1,2	1	2	0	0,3333	2	1	1	1	0,3	0	0	0,46
A7	3	3	1,5	0	0	0	0	3	1	1	1	0,35	0	0	0,46
B7	2	2	1	1	1	0	0,2333	2	1	1	0	0,225	0	0	0,36
C7	2	1	0,7	1	2	0	0,3333	2	1	1	0	0,225	0	0	0,31
D7	2	2	1	1	2	1	0,4333	2	1	1	0	0,225	0	0	0,41
E7	2	1	0,7	0	2	1	0,3	2	0	1	0	0,1625	0	0	0,29
F7	1	1	0,5	1	1	0	0,2333	2	0	1	0	0,1625	0	0	0,22
G7	1	2	0,8	0	2	0	0,2	2	1	1	1	0,3	-1	-1	0,08
H7	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	0	1	0	0,1625	-1	-1	-0,06
I7	1	1	0,5	0	0	0	0	2	1	0	0	0,1625	-1	-1	-0,08
J7	1	1	0,5	0	0	0	0	2	0	0	0	0,1	0	0	0,15
K7	3	3	1,5	1	2	0	0,3333	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,50
L7	3	3	1,5	0	1	0	0,1	3	2	0	0	0,275	-1	-1	0,22
A8	3	3	1,5	0	0	0	0	3	1	1	1	0,35	0	0	0,46
B8	3	3	1,5	0	0	0	0	3	1	1	0	0,275	0	0	0,44
C8	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,32
D8	2	1	0,7	0	0	0	0	2	1	1	0	0,225	0	0	0,23
E8	2	1	0,7	1	3	1	0,5333	2	1	0	0	0,1625	0	0	0,35
F8	2	1	0,7	0	2	1	0,3	2	1	1	0	0,225	0	0	0,31
G8	1	1	0,5	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0,1625	-1	-1	-0,06
H8	1	1	0,5	1	1	0	0,2333	2	0	0	1	0,175	-1	-1	-0,02
I8	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	0	0	1	0,175	-1	-1	0,02
J8	1	2	0,8	0	1	0	0,1	2	1	0	0	0,1625	-1	-1	0,02
K8	2	2	1	0	1	0	0,1	2	1	1	0	0,225	0	0	0,33
L8	3	3	1,5	0	1	0	0,1	2	1	1	0	0,225	0	0	0,46

7.2 PROGRAMA EM MATLAB PARA VALORAÇÃO DA PAISAGEM

```
% Programa para Valoração da Paisagem
% Março de 2003

clear
clc

% Abertura da imagem

fid=fopen('c:\mestrado\disser~1\XXX.raw')
A=fread(fid,[981,619]);
A=A';
imshow(mat2gray(A),256)

% Descrição das classes da imagem
% class1      agua;
% class2      mata;
% class3      reflorestamento;
% class4      agricultura1;
% class5      agricultura2;
% class6      areaurbana/rodovia;
% class7      campos/pastagens;
% class8      soloexposto;
% class9      soloc/calcario;
% class10     rochas;

[n,m]=size(A);

% mudar o "d" e o "c" para ter quadrículas de diferentes áreas

d=67          % dimensão d da quadrícula de avaliação
c=67          % dimensão c da quadrícula de avaliação

pc=round(d/2) % pixel central da quadrícula de avaliação
z=floor(n/d); % aux. p/ calculo da dimensão final
w=floor(m/c); % aux. p/ calculo da dimensão final
df=z*d        % dimensão final df da imagem resultado
cf=w*c        % dimensão final cf da imagem resultado
q=floor(d/2)  % "raio" da quadrícula = distancia entre
              % o pixel central e os limites da quadrícula de avaliação

map2=[0 0.5 1;1 0.5 0;1 1 0.5;0 1 0.5;1 0.5 0.5]; % mapa de cores

% percorrer toda a imagem da pc linha, pc coluna de d em c;

for i=pc:d:df % tamanho da imagem resultante (df,cf)
for j=pc:c:cf % devido aos quadrantes de d x c pixels

% definição de variáveis: contadores da ocorrência de cada classe
contclas1=0;
contclas2=0;
contclas3=0;
contclas4=0;
contclas5=0;
contclas6=0;
contclas7=0;
contclas8=0;
```

```

contclas9=0;
contclas10=0;
contrest=0;

    for k=-q:q
        for l=-q:q
            % analisa o pixel central e seus vizinhos dentro da quadricula de
            % aux mostra o valor do n.c. de cada pixel da quadricula 67x67
            % testa o valor do n.c. e soma o valor, segundo a classe a que o
            67x67 pixels aux=A(i+k,j+l);
            if aux==0
                pixel pertence
                contclas1=contclas1+1;
            elseif aux==28
                contclas2=contclas2+1;
            elseif aux==56
                contclas3=contclas3+1;
            elseif aux==84
                contclas4=contclas4+1;
            elseif aux==113
                contclas5=contclas5+1;
            elseif aux==141
                contclas6=contclas6+1;
            elseif aux==169
                contclas7=contclas7+1;
            elseif aux==198
                contclas8=contclas8+1;
            elseif aux==225
                contclas9=contclas9+1;
            elseif aux==226
                contclas10=contclas10+1
            end
        end
    end
    % mostra todas as classes que existem na quadricula 67x67

    contador1=[contclas1 contclas2 contclas3 contclas4 contclas5 contclas6
        contclas7 contclas8 contclas9 contclas10];

    % mostra o contador de maior valor na quadricula.

    auxiliar1=contador1-max(contador1);

    % em função do maior valor do contador, identifica a maior classe

    for y=1:10
        if auxiliar1(y)==0
            maiorclas=y;
        end
    end

%-----
% Valoração da paisagem através da Combinação de elementos

% teste para ver se a maior classe e maior 85% ou menor que 15%
% 4489 pixels = 100%
% considerou-se 3816 pixels = 85% e 673 pixels = 15%

    qualicomb=0; % valor inicial de qualidade da quadricula

    ajudante=max(contador1); % mostra o valor da maior classe ocorrente na quadricula

    if ajudante>=round(c*d*0.85) % se a maior classe tiver mais de 85% pixels na quadricula

```

```

% toda a janela recebe a nota original da classe, não considerando
% combinação
% como se ocorresse 100% de pixels da mesma classe:

if maiorclas==1      % 5      agua;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==2  % 5      mata;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==3  % 2      reflorestamento;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==4  % 3      agricultura1;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5  % 3      agricultura2;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==6  % 3      areaurbana/rodovia;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==7  % 4      campo/pastagem;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==8  % 1      soloexposto;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==9  % 1      soloc/calcario;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==10 % 5      afloramento de rocha;
qualicomb=5;
end

for k=-q:q
for l=-q:q
novaimagem(i+k,j+l)=qualicomb; % dá o valor de qualidade para a quadricula na nova %
                                % imagem
end
end

elseif ajudante<=round(c*d*0.15)
qualicomb=0; % se a maior classe tiver menos de 15% pixels na quadricula
              % toda a janela recebe uma nota diferencial, evidenciando uma grande
              % qtd de classes
              % e combinações

for k=-q:q
for l=-q:q
novaimagem(i+k,j+l)=qualicomb; % dá o valor de qualidade para a quadricula na nova
                                % imagem
end
end

elseif (ajudante>round(c*d*0.15)) & (ajudante<round(c*d*0.85))
% se a maior classe tiver valor entre 15% e 85%, faz busca pela segunda
% maior classe

contador2=contador1;

contador2(maiorclas)=contador2(maiorclas)-max(contador1);

max(contador2); % mostra o contador de segundo maior valor na quadricula.

auxiliar2=contador2-max(contador2);
% em função do maior valor do contador, identifica a segunda maior classe
for y=1:10
if auxiliar2(y)==0
segundclas=y;
end

```

end

% tendo maior classe e a segunda maior, testa as possíveis combinações
 % obs.: apenas faz a combinação entre as duas classes de maior ocorrência.

```

if maiorclas==1 & segundclas==2      % 5      1+2;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==1 & segundclas==3  % 4      1+3;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==1 & segundclas==4  % 3      1+4;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==1 & segundclas==5  % 3      1+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==1 & segundclas==6  % 3      1+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==1 & segundclas==7  % 4      1+7;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==1 & segundclas==8  % 1      1+8;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==1 & segundclas==9  % 1      1+9;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==1 & segundclas==10 % 5      1+10;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==2 & segundclas==3  % 4      2+3;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==2 & segundclas==4  % 3      2+4;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==2 & segundclas==5  % 3      2+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==2 & segundclas==6  % 3      2+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==2 & segundclas==7  % 4      2+7;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==2 & segundclas==8  % 2      2+8;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==2 & segundclas==9  % 2      2+9;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==2 & segundclas==10 % 5      2+10;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==3 & segundclas==4  % 3      3+4;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==3 & segundclas==5  % 3      3+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==3 & segundclas==6  % 2      3+6;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==3 & segundclas==7  % 3      3+7;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==3 & segundclas==8  % 1      3+8;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==3 & segundclas==9  % 1      3+9;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==3 & segundclas==10 % 3      3+10;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==5  % 3      4+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==6  % 3      4+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==7  % 3      4+7;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==8  % 3      4+8;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==9  % 3      4+9;

```



```

qualicomb=3;
elseif maiorclas==4 & segundclas==10    % 4          4+10;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==5 & segundclas==6      % 3          5+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==7      % 3          5+7;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==8      % 3          5+8;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==9      % 3          5+9;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==10     % 4          5+10;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==6 & segundclas==7      % 3          6+7;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==6 & segundclas==8      % 1          6+8;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==6 & segundclas==9      % 1          6+9;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==6 & segundclas==10     % 3          6+10;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==7 & segundclas==8      % 2          7+8;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==7 & segundclas==9      % 2          7+9;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==7 & segundclas==10     % 5          7+10;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==8 & segundclas==9      % 1          8+9;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==8 & segundclas==10     % 2          8+10;
qualicomb=2;
elseif maiorclas==9 & segundclas==10     % 2          9+10;
qualicomb=2;
% trocando a posição da combinação

elseif maiorclas==2 & segundclas==1      % 5          1+2;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==3 & segundclas==1      % 4          1+3;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==4 & segundclas==1      % 3          1+4;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==1      % 3          1+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==6 & segundclas==1      % 3          1+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==7 & segundclas==1      % 4          1+7;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==8 & segundclas==1      % 1          1+8;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==9 & segundclas==1      % 1          1+9;
qualicomb=1;
elseif maiorclas==10 & segundclas==1     % 5          1+10;
qualicomb=5;
elseif maiorclas==3 & segundclas==2      % 4          2+3;
qualicomb=4;
elseif maiorclas==4 & segundclas==2      % 3          2+4;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==5 & segundclas==2      % 3          2+5;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==6 & segundclas==2      % 3          2+6;
qualicomb=3;
elseif maiorclas==7 & segundclas==2      % 4          2+7;

```

qualicomb=4;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==2	% 2	2+8;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==2	% 2	2+9;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==2	% 5	2+10;
qualicomb=5;		
elseif maiorclas==4 & segundclas==3	% 3	3+4;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==5 & segundclas==3	% 3	3+5;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==6 & segundclas==3	% 2	3+6;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==7 & segundclas==3	% 3	3+7;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==3	% 1	3+8;
qualicomb=1;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==3	% 1	3+9;
qualicomb=1;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==3	% 3	3+10;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==5 & segundclas==4	% 3	4+5;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==6 & segundclas==4	% 3	4+6;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==7 & segundclas==4	% 3	4+7;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==4	% 3	4+8;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==4	% 3	4+9;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==4	% 4	4+10;
qualicomb=4;		
elseif maiorclas==6 & segundclas==5	% 3	5+6;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==7 & segundclas==5	% 3	5+7;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==5	% 3	5+8;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==5	% 3	5+9;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==5	% 4	5+10;
qualicomb=4;		
elseif maiorclas==7 & segundclas==6	% 3	6+7;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==6	% 1	6+8;
qualicomb=1;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==6	% 1	6+9;
qualicomb=1;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==6	% 3	6+10;
qualicomb=3;		
elseif maiorclas==8 & segundclas==7	% 2	7+8;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==7	% 2	7+9;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==7	% 5	7+10;
qualicomb=5;		
elseif maiorclas==9 & segundclas==8	% 1	8+9;
qualicomb=1;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==8	% 2	8+10;
qualicomb=2;		
elseif maiorclas==10 & segundclas==9	% 2	9+10;

```

        qualicomb=2;
    end

    for k=-q:q
        for l=-q:q
            novaimagem(i+k,j+l)=qualicomb; % dá o valor de qualidade para a quadricula na nova
imagem
        end
    end
end
end

% Visualização do resultado

figure
input('Mapa da Qualidade Visual da Paisagem - Combinação de Elementos')
imshow(novaimagem, map2)

% Fim da primeira avaliação
% -----
% Valoração da paisagem pela presença de Componentes
% Componentes: Vegetação, Terra (Outras coberturas), Água

for i=pc:d:df          % tamanho da imagem resultante (df,cf)
for j=pc:c:cf          % devido aos quadrantes de d x c pixels

    % definição de variáveis
    contveget=0;
    contaguas=0;
    contterra=0;

    for k=-q:q
        for l=-q:q          % analisar pixel central e seus vizinhos
            aux=A(i+k,j+l);
            if aux==0
                contaguas=contaguas+1;
            elseif aux==28
                contveget=contveget+1;
            elseif aux==56
                contveget=contveget+1;
            elseif aux==84
                contveget=contveget+1;
            elseif aux==113
                contveget=contveget+1;
            elseif aux==141
                contterra=contterra+1;
            elseif aux==169
                contveget=contveget+1;
            elseif aux==198
                contterra=contterra+1;
            elseif aux==226
                contterra=contterra+1;
            elseif aux==255
                contterra=contterra+1;
            end
        end
    end

    contador1=[contveget contaguas contterra];
end
end

```

```

ajudante=max(contador1);

auxiliar1=contador1-ajudante;

for y=1:3
    if auxiliar1(y)==0
        maiorcomp=y;
    end
end

% Para cada "Janela"...
% Faz a % de cada componente

qualicomp=0;

if ajudante>=3816          % mais de 85%
    if maiorcomp==1
        qualicomp=5;      %5 so veget
    elseif maiorcomp==2
        qualicomp=3;      %3 so agua
    elseif maiorcomp==3
        qualicomp=1;      %1 so terra (outras coberturas)
    end
    for k=-q:q
        for l=-q:q
            novaimagem(i+k,j+l)=qualicomp;
        end
    end
end

elseif ajudante<3816
    % faz busca pela segunda maior classe

    contador2=contador1;

    contador2(maiorcomp)=contador2(maiorcomp)-ajudante;

    max(contador2);

    auxiliar2=contador2-max(contador2);

    for y=1:3
        if auxiliar2(y)==0
            segundcomp=y;
        end
    end

    % tendo maior componente e a segunda maior, ver as possiveis
    % combinações

    if maiorcomp==1 & segundcomp==2      %5    veget+agua
        qualicomp=5;
    elseif maiorcomp==1 & segundcomp==3  %3    veget+terra
        qualicomp=5;
    elseif maiorcomp==2 & segundcomp==1  %5    agua+veget
        qualicomp=5;
    elseif maiorcomp==2 & segundcomp==3  %4    agua+terra
        qualicomp=4;
    elseif maiorcomp==3 & segundcomp==1  %1    terra+veget
        qualicomp=1;
    elseif maiorcomp==3 & segundcomp==2  %2    terra+agua

```

```

                                qualicomp=2;
                                end
                                for k=-q:q
                                for l=-q:q
                                    novaimagem2(i+k,j+l)=qualicomp;
                                end
                                end
                                end
                                end

                                end
                                end

% Visualização do resultado

figure
input('Mapa da Qualidade Visual da Paisagem - Presença de Componentes')
imshow(novaimagem2, map2)

% Fim da segunda avaliação
% -----

% Valoração da paisagem pela Diversidade de elementos

for i=pc:d:df                % tamanho da imagem resultante (df,cf)
for j=pc:c:cf                % devido aos quadrantes de d x c pixels

    % definição de variáveis
    contclas1=0;
    contclas2=0;
    contclas3=0;
    contclas4=0;
    contclas5=0;
    contclas6=0;
    contclas7=0;
    contclas8=0;
    contclas9=0;
    contclas10=0;

    for k=-q:q
    for l=-q:q                % analisar pixel central e seus vizinhos
        aux=A(i+k,j+l);
        if aux==0
            contclas1=contclas1+1;
        elseif aux==28
            contclas2=contclas2+1;
        elseif aux==56
            contclas3=contclas3+1;
        elseif aux==84
            contclas4=contclas4+1;
        elseif aux==113
            contclas5=contclas5+1;
        elseif aux==141
            contclas6=contclas6+1;
        elseif aux==169
            contclas7=contclas7+1;
        elseif aux==198
            contclas8=contclas8+1;
        elseif aux==226
            contclas9=contclas9+1;
        elseif aux==255

```

```

                                contclas10=contclas10+1;
                                end
                        end
                        end

contador1=[contclas1 contclas2 contclas3 contclas4 contclas5 contclas6 contclas7 contclas8 contclas9
contclas10];

ajudante=max(contador1);

% Diversidade:
% (qualquer combinação)
% Conta quantas classes (tipos) aparece na janela e atribui um valor em função
% da "diversidade" de elementos presentes.
% Quantidade de tipos Valor atribuído
% 1 tipo                1
% 2 tipos                2
% 3 tipos                3
% 4 tipos                4
% + de 5 tipos          5

qualidiver=0; % valor dado a diversidade de elementos da paisagem da quadricula

% teste de homogeneidade
% se numero de pixels da janela for de 85% ou mais de uma mesma classe a quadricula
% tera valor de homogeneidade 100% = 4489 pixels, 85% ~ 3816 pixels

    if ajudante>=3816
        qualidiver=1;
        for k=-q:q
            for l=-q:q
                novaimagem3(i+k,j+l)=qualidiver;
            end
        end
    end

    else ajudante<3816
        contdiv=0;
        if contclas1>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas2>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas3>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas4>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas5>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas6>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas7>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas8>=2
            contdiv=contdiv+1;
        end
        if contclas9>=2

```

```

contdiv=contdiv+1;
end
if contclas10>=2
contdiv=contdiv+1;
end
contdiv;

    if contdiv==2
        qualidiver=2;
    elseif contdiv==3
        qualidiver=3;
    elseif contdiv==4
        qualidiver=4;
    elseif contdiv==5
        qualidiver=5;
    elseif contdiv==6
        qualidiver=5;
    elseif contdiv==7
        qualidiver=5;
    elseif contdiv==8
        qualidiver=5;
    elseif contdiv==9
        qualidiver=5;
    end
        for k=-q:q
            for l=-q:q
                novaimagem3(i+k,j+l)=qualidiver;
            end
        end
    end

end

end

% Visualização do resultado

figure
input('Mapa da Qualidade Visual da Paisagem - Diversidade Paisagística')
imshow(novaimagem3, map2)

% Fim
%-----

```


7.3 AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

Avaliação da classificação da imagem gerada pelo *software* Multispec

Classes:

1 – Água; 2 – Mata nativa; 3 – Reflorestamento; 4 – Agricultura I; 5 – Agricultura II; 6 – Área Urbana/Rodovias; 7 – Campos/Pastagens; 8 – Solo exposto; 9 – Solo com calcário; 10 – Afloramentos rochosos.

classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	A.U.
1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	100,0
2	0	393	41	0	0	0	0	0	0	0	434	90,6
3	0	7	826	0	3	0	0	0	0	1	837	98,7
4	0	2	0	6540	378	2	0	0	0	0	6922	94,5
5	0	0	0	44	2193	17	1	0	0	45	2300	95,3
6	0	0	0	0	4	53	3	10	0	0	70	75,7
7	0	0	0	0	1	12	1451	28	0	1	1493	97,2
8	1	0	0	0	0	58	8	503	0	31	601	83,7
9	0	0	0	0	0	0	0	0	260	0	260	100,0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	58	59	98,3
Total	25	402	867	6584	2579	142	1463	542	260	136	13000	-
A.P.	96.0	97.8	95.3	99.3	85.0	37.3	99.2	92.8	100.0	42.6	-	-

sendo:

AP = acurácia do produtor - número de amostras corretamente classificadas em cada classe dividido pelo número total daquela classe. É uma medida do erro de inclusão.

AU = acurácia do usuário - número de amostras corretamente classificadas em cada classe dividido pelo número total de amostras daquela classe. É uma medida do erro de omissão.

Exatidão geral (ou acurácia total, é a soma dos elementos da diagonal dividido pelo número de amostras)

$$\text{OVERALL CLASS PERFORMANCE (12301 / 13000)} = 94.6\%$$

Estatística Kappa - ou coeficiente *Kappa* é obtido dos elementos da matriz, mostra o desempenho da classificação. Quanto mais *Kappa* se aproxima de 1 (100%), melhor a classificação.

Kappa Statistic (X100) = 92.0%. Kappa Variance = 0.000009.

A classificação das amostras (ver 7.3.1) mostra que várias apresentaram problemas, pois não foram reconhecidas como pertencendo à classe correta. Por exemplo, a amostra (Field 40) da classe 7 teve apenas 8% de atribuição correta à classe 7, o que acarreta um erro de 92%.

As amostras com baixo percentual de classificação correta indicam que houve confusão na classificação de toda a imagem. E, como os pesos foram iguais para todas as classes, há que se levar em conta outro fator importante que influi na classificação, que é o número de amostras (*pixels*) de cada uma das classes. Este número deve ser equivalente, sob pena de supervalorizar as classes que tiveram menos amostras (algumas dezenas) em detrimento das que tiveram milhares de amostras.

Para a avaliação final da exatidão da classificação torna-se necessária a amostragem de campo para conferência dos acertos e dos erros, e a montagem da matriz de erros a partir da verdade de terreno. No entanto, esta etapa não foi realizada.

7.3.1 Amostras Empregadas na Classificação

TRAINING FIELD PERFORMANCE (Resubstitution Method)

Project Field	Reference Class	Accuracy+	Number	Number of Samples in Class						
				1	2	3	4	5	6	7
8	9	10								
Name	Number	(%)	Samples	agua	mata	Reflorest	agric 1	agric 2	area urb	campos solo
exp	solo calc	rochas								

Field 23	5	100.0	105	0	0	0	0	105	0	0
0	0	0								
Field 24	5	100.0	304	0	0	0	0	304	0	0
0	0	0								
Field 25	5	100.0	88	0	0	0	0	88	0	0
0	0	0								
Field 26	5	100.0	374	0	0	0	0	374	0	0
0	0	0								
Field 27	5	100.0	360	0	0	0	0	360	0	0
0	0	0								
Field 28	5	100.0	224	0	0	0	0	224	0	0
0	0	0								
Field 29	5	100.0	120	0	0	0	0	120	0	0
0	0	0								
Field 30	5	74.1	54	0	0	0	14	40	0	0
0	0	0								
Field 31	5	94.6	130	0	0	0	0	123	6	1
0	0	0								
Field 32	5	78.6	168	0	0	0	30	132	6	0
0	0	0								
Field 75	5	0.0	32	0	0	0	0	0	5	0
0	0	27								
Field 76	5	0.0	18	0	0	0	0	0	0	0
0	0	18								
Field 33	6	95.8	24	0	0	0	0	1	23	0
0	0	0								
Field 34	6	81.3	16	0	0	0	0	1	13	0
2	0	0								
Field 35	6	53.3	15	0	0	0	0	0	8	3
4	0	0								
Field 36	6	100.0	4	0	0	0	0	0	4	0
0	0	0								
Field 37	6	62.5	8	0	0	0	0	2	5	0
1	0	0								
Field 38	6	0.0	3	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0								
Field 39	7	100.0	84	0	0	0	0	0	0	84
0	0	0								
Field 40	7	8.3	12	0	0	0	0	0	8	1
3	0	0								
Field 41	7	100.0	12	0	0	0	0	0	0	12
0	0	0								
Field 42	7	100.0	16	0	0	0	0	0	0	16
0	0	0								
Field 43	7	100.0	168	0	0	0	0	0	0	168
0	0	0								
Field 44	7	100.0	63	0	0	0	0	0	0	63
0	0	0								
Field 45	7	100.0	18	0	0	0	0	0	0	18
0	0	0								
Field 47	7	99.4	308	0	0	0	0	0	2	306
0	0	0								
Field 60	7	100.0	261	0	0	0	0	0	0	261
0	0	0								
Field 63	7	80.0	105	0	0	0	0	0	0	84
21	0	0								

Field 67	7	97.0	33	0	0	0	0	1	0	32
0	0	0								
Field 72	7	96.9	162	0	0	0	0	0	1	157
4	0	0								
Field 73	7	100.0	176	0	0	0	0	0	0	176
0	0	0								
Field 74	7	100.0	45	0	0	0	0	0	0	45
0	0	0								
Field 77	7	93.3	30	0	0	0	0	0	1	28
0	0	1								
Field 48	8	88.1	42	0	0	0	0	0	5	0
37	0	0								
Field 49	8	100.0	52	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0								
Field 50	8	32.5	40	0	0	0	0	0	27	0
13	0	0								
Field 57	8	98.1	210	0	0	0	0	0	4	0
206	0	0								
Field 58	8	29.2	24	0	0	0	0	0	17	0
7	0	0								
Field 59	8	100.0	12	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0								
Field 61	8	61.9	84	1	0	0	0	0	0	0
52	0	31								
Field 62	8	100.0	24	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0								
Field 64	8	89.8	49	0	0	0	0	0	5	0
44	0	0								
Field 68	8	87.5	64	0	0	0	0	0	0	8
56	0	0								
Field 51	9	100.0	152	0	0	0	0	0	0	0
0	152	0								
Field 52	9	100.0	24	0	0	0	0	0	0	0
0	24	0								
Field 53	9	100.0	84	0	0	0	0	0	0	0
0	84	0								
Field 54	10	100.0	15	0	0	0	0	0	0	0
0	0	15								
Field 55	10	93.8	16	0	0	0	0	0	0	0
1	0	15								
Field 56	10	100.0	16	0	0	0	0	0	0	0
0	0	16								
Field 65	10	100.0	12	0	0	0	0	0	0	0
0	0	12								
TOTAL		13000		25	402	867	6584	2579	142	1463
542	260	136								

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, M. A. **Estudio de Paisaje**: Guia para elaboración de estudios del medio físico. Valencia: Editora Sucesores de Rivadeneyra, 1995.

ALVAREZ-ALFONSO, R.M. **Estúdio y valoración del pasaje**: territorio de Valderejo. Monografia de Magíster - Universidad de Cantábria. Santander, 1990

ANTUNES, A. F. B. **Análise do uso do processamento digital de imagens na segmentação de tipologias vegetais da APA de Guaraqueçaba - PR**. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ARTHUR, L.M. Scenic Assessment: an Overview. **Landscape Planning**, [Amsterdan], n°.4, p. 109-129, 1977.

BIONDI, D. Fundamentos da Paisagem no Tratamento Ambiental de Rodovias. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS “SILVICULTURA AMBIENTAL”, IV, 2000. Blumenau. **Anais do IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas “Silvicultura Ambiental”**, Blumenau: [s.n.], 2000.

BLEY, L. Morretes: Um estudo de paisagem valorizada. In: RIO, V; OLIVEIRA, L. **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. São Carlos, SP: Studio Nobel, 1999. p.121-138.

BOLÓS i CAPDEVILA, M. **Manual de Ciencia del paisaje**: teoría, métodos e aplicaciones. Barcelona: Masson S.A., 1992.

BPP – Biblioteca Pública do Paraná. **Documentos** (da Pasta Tibagi). [S.l.: s.n.], 1979.

CANTERAS, J.C. **Introducción al Paisaje**. Curitiba: UFPR, Universidad de Cantabria., 1992.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. [S.l.]: Ediciones Rialp S.A., 1990.

CRÓSTA, A .P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. [S.l.: s.n.], 1992.

CURRAN, P. **Principles of remote sensing**. London: Longman, 1985.

DIREÇÃO. **O sexto maior *canyon* do mundo**. [Curitiba]: [s.n.], 1996.

DUNN, M.C. **Landscape Evaluation Technique: an Appraisal and Rewiew of Literature**. [S.l.]: University of Birmingham, 1974.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FUPEF – FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. Paisagens Sítios Recreativos. **Plano de Manejo – Área de Proteção do Guaricana**. Vol. 1.6, p.119-123, 219p. MILANO, M. S.; DETZEL, V.A. Curitiba: [s.n.], 1988.

FRITZSONS, E.; MACIEL, M N. M. ; PEIXOTO, A. M.; BIONDI, D. Heterogeneidade da Paisagem na Região Cárstica de Colombo - Paraná. In: FÓRUM DE DEBATES ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, I. **Anais do I Fórum de Debates Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental**. São Paulo: UNESP, 2000. 1 CD-ROM.

GONZALEZ, R; WOODS, R.. **Processamento Digital de Imagens**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

GONZALEZ-BERNALDES, F. **Ecología y Paisaje**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1981.

GRIFFITH, J.J. Análise dos recursos visuais do Parque da Serra da Canastra. **Brasil Florestal**, [s.l.], v.9, p.13-21, 1979.

GRIFFITH, J.J e VALENTE, O.F. Aplicação da técnica de estudos visuais no planejamento da paisagem brasileira. **Brasil Florestal**, [s.l.], v.37. p.6-14, 1979.

GUPTA, R. **Remote Sensing Geology**. Berlin: Springer-Verlag, 1991.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Unidades de Conservação do Paraná**. Curitiba: [IAP], 2000.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Mapa digital dos municípios do Paraná**. Curitiba: [IAP], 2002.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Processamento digital de imagens. **Capítulo 3: Pré-processamento de imagens**. Disponível em: www.dpi.inpe.br/cursos Acesso em: 28 ago. 01.

ITAYTYBA - Reserva Particular de Patrimônio Natural Itaytyba. **Material de Divulgação**. Curitiba: [Itaytyba], 2002.

LAURIE, M. **Introducción a la arquitectura del paisaje**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A , 1976.

LEAL, C. T. **A valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano** – Estudo de caso do município de Matinhos – PR. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

LEITE, M. A. F. P. **Uma fundamentação geográfica ao paisagismo regional**. [S.l.: s.n.], 1983.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, **Remote sensig and image interpretation**. New York: John Wiley, 1987.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, **Remote sensig and image interpretation**. New York: John Wiley, 1994.

LITTON JR, R.B. Aesthetic dimensions of landsacape. In: KRUTILLA, J.V. (ed) **Natural Environments: Studies in theoretical and Applied Analysis**. Baltimore: John Kopkins, 1972. p.263-291.

MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968.

MACHADO, L. M. C. P. Paisagem valorizada: a Serra do Mar como espaço e como lugar. In: RIO, V; OLIVEIRA, L. **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. São Carlos, SP: Studio Nobel, 1999. p.97-120.

MARENZI, R. C. **Estudo da Valoração da Paisagem e Preferências Paisagísticas no Município de Penha - SC**. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MARENZI, R. C. A Analise da Qualidade da Paisagem como Instrumento da Ecologia da Paisagem. In: FÓRUM DE DEBATES ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, I. **Anais do I Fórum de Debates Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental**. São Paulo: UNESP, 2000. 1 CD-ROM.

MARQUES, J. M. **Introdução ao Matlab**. Curitiba: UFPR, 1995.

MARQUES FILHO, O. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MARTIN, M.D.; GALAN, F.G. **Estudio Paisajístico de La Huerta de Valencia**. Adjuntament de Valencia: [s.n.], 1996.

Mc HARG, I. L. **Design with nature**. Garden City, New York: Doubleday, 1969.

MELO, M. S. Geologia e geomorfologia do *Canyon* Guartelá. In: JORNADA CIENTÍFICA DE GEOGRAFIA, 2. **Anais da Jornada Científica de Geografia**. Ponta Grossa: UEPG, 2000

MILANO, M. S. Estudos da Paisagem a avaliação de impactos ambientais. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. **Anais do Seminário sobre Avaliação de Impacto Ambiental**. Curitiba: FUPEF, 1989.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S. A. **Geologia do Município de Tibagi**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

NAVEH, Z. **Landscape Ecology: theory and application**. New York: Springer-Verlag., 1994.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 1ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1988.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1992.

NOGUEIRA, J. **Monitoramento de processos erosivos no Parque Estadual do Guartelá**. Ponta Grossa, 2001. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

PARANACIDADE – Serviço Social Autônomo Paranacidade. **Tibagi**. Disponível em: <www.paranacidade.org.br/base/dadosger.asp?codigo=0284300> Acesso em: 22 jun. 2002.

PARSONS, R., DANIEL, T.C., TASSINARY, L.G. Landscape aesthetics, Ecology, and Human Health: in defense of instrumental values. In: CONVIGTON, W.W. e DeBANO, L.F. **Sustainable ecological systems: Implementing an ecological**

approach to land management. USDA - Forest Service, General Technical RM – 240. Fort Collins: [s.n.], 1995.

PEREIRA, R. S. Sistema de tratamento de imagens multiespectrais digitais. Curitiba, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PLENNING-ROWSELL, E.C. Landscape Evaluation for development plans. **Jornal of the Royal Town Plann. Inst.**, [s.l.], v.60, p. 930-934, 1974.

PIRES, P. S. Avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma-SC. Curitiba, 1993. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PORTO, M. L. Ecologia da Paisagem. Porto Alegre: UFRG, 1999.

RICHARDS, J.A., JIA, X. Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction. Berlin: Springer, 1999.

ROBINSON, D.G. Landscape Evaluation: A report of the landscape evaluation research. [S.l.]:University of Manchester, 1976.

ROCHA, Carlos Hugo. Ecologia da Paisagem e Manejo Sustentável em Bacias Hidrográficas: Estudo do Rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná. Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROCHA, C.H.; PONTES FILHO, A.; ARAKI, H. Identificação de padrões da imagem TM LANDSAT no diagnóstico ambiental da APA da Escarpa Devoniana e de seu entorno. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, VII. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** [S.l.: s.n.], 1993.

RODONORTE - Concessionária de Rodovias Integradas S.A. **Relatório de impacto ambiental (RIMA) das duplicações rodoviárias do lote 05 do programa de concessão de rodovias do Estado do Paraná.** Curitiba: RODONORTE, 1998.

SALAMUNI, R. **Fundamentos geológicos do Paraná.** Curitiba: [s.n.], 1969.

SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing.** New York: Academic Press, 1983.

SEIBERT, P. **Seminário – Manejo da paisagem e mapeamento da vegetação do Parque Estadual de Campos do Jordão.** Publicação. Instituto Florestal, São Paulo, n.5, p. 1-198, 1978.

SILVA, E., ZAMPIERI, S. L., LOCH, C. **Paisagem: regressão e prognose como elementos para avaliação da ocupação e mudanças do espaço rural.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. Disponível em: <<http://www.cartografia.org.Br/xixcbcc/artigos/c5/cv-10/cv10-99a.pdf>> Acesso em: 20 out. 2001.

TIBAGI – Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Tibagi, PR. **Apostila do Município de Tibagi.** Tibagi: [s.n.], 2002 a.

TIBAGI – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo. **Material de Divulgação.** Tibagi: [s.n.], 2002 b.

UEPG – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA. **Canyon Guartelá.** Disponível em: <www.tibagy.uepg.br/epuep/turismo/canyon.htm> Acesso em: 16 mai. 02.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Fundamentos de Física.** Disponível em: <www.educar.sc.usp.br/optica/luz.htm> Acesso em: 20 fev. 02.

VEJA PARANÁ. A visão do paraíso. Curitiba: [Abril], 2 jan.1991.

VELASQUES, I.L.S. Preservação Paisagística como recurso natural e cultural. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. **Anais do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas**. São Paulo: Instituto Florestal, 1982.

VILLOTA, H. **Geomorfologia aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras**. Santa Fé de Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1986.